UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Megaproyecto:

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 1

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Aída Teresa López Del Valle
para optar el grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;
Ana Leticia Franco Rivera, Bárbara Michelle Nájera Borón, Marlyn Gabriela Sanabria Salazar y Percy Alejandro Marroquín Martínez
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Química;
Henry David López Rodríguez y Luis Augusto Rivera Hurtado
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;
Jorge Rafael Rodríguez Herrera
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de Alimentos;
Marlin Eliet Caballeros Barragán
para optar el grado académico de Licenciada en Bioquímica y Microbiología

Guatemala,

2014

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 1

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Megaproyecto:

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 1

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Aída Teresa López Del Valle
para optar el grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;
Ana Leticia Franco Rivera, Bárbara Michelle Nájera Borón, Marlyn Gabriela Sanabria Salazar y Percy Alejandro Marroquín Martínez
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Química;
Henry David López Rodríguez y Luis Augusto Rivera Hurtado
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;
Jorge Rafael Rodríguez Herrera
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de Alimentos;
Marlin Eliet Caballeros Barragán
para optar el grado académico de Licenciada en Bioquímica y Microbiología

Guatemala,

2014

Vo. Bo.:

(f) _____

Ing. Cristián Rossi

Examinadores:

(f) _____

Ing. Gamaliel Zambrano

(f) _____

Ing. Cristián Rossi

(f) _____

Lic. Ana Silvia Colmenares

(f) _____

Lda. Carlota Escobar Campollo

(f) _____

Ing. Roberto Godo

(f) _____

Licda. Lucía Nitsch

Fecha de aprobación: Guatemala 6 de noviembre de 2014

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS xii
LISTA DE FIGURAS xix
RESUMEN xxvii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. Objetivos 5
A. Objetivo general: 5
B. Objetivos específicos: 5
III. JUSTIFICACIÓN 11
IV. MARCO TEÓRICO 14
A. El agua y sus propiedades 14
B. Características del agua potable 14
C. Fertilizante triple 15 14
D. Métodos utilizados para la determinación de la calidad del agua 15
E. Impacto de la contaminación de agua a nivel mundial 17
F. Impacto de la contaminación de agua en guatemala 17
G. Impacto de la calidad del agua en la salud 18
H. Impacto de la calidad del agua en la salud y su relación con aspectos socioculturales 19
I. Factores que determinan la calidad del agua 20
J. Requerimientos legales respecto al agua en guatemala 22
K. Coeficiente de correlación 23
L. Agricultura 23
M. Buenas prácticas agrícolas 25
N. Programa de buenas prácticas agrícolas 30
O. Tipos de riego 31
P. Características generales de la piña (ANANAS COMOSUS) 37
Q. Tipología estructural de casas de madera 42
R. Sistemas estructurales típicos en construcciones en madera 44
S. Propiedades mecánicas de la madera 46
T. Propiedades físicas de la madera 49
U. Propiedades físico-químicas de la madera 50

V. Propiedades generales de la madera DE laurel 51
W. Canales para agua pluvial 53
X. SAP Civil 2000 53
Y. Clasificación de las obras de construcción según AGIES NSE 10 53
Z. Aspectos sísmicos 53
AA. Autodesk revit 2013 57
BB. Recuperación agua de lluvia 57
CC. Sistemas de captación de agua pluvial 58
DD. Población, dotación y demanda 62
EE. Tipos de procesos para purificación del agua 63
FF. Muestreo 66
GG. Especificaciones de agua para consumo humano: norma técnica guatemalteca (COGUANOR NTG 29001) 69
HH. Aguas residuales 69
II. Adsorción 71
JJ. Tipo de tratamiento de aguas residuales 74
KK. Filtración 76
LL. Selección del medio filtrante 85
MM. Hidráulica de la filtración 89
NN. Cálculos para el caudal del filtro 92
OO. Diseño del tanque de almacenamiento 93
PP. Limpieza y mantenimiento filtros 93
QQ. Tipo de filtros 94
RR. Tuberías, accesorios y bombas 96
SS. Impacto ambiental en fuentes de agua de guatemala 100
TT. Hidrología: ciclo hidrológico 100
UU. Áreas protegidas 107
VV. Cobertura forestal y uso de la tierra 110
WW. Caracterización de suelos 110
XX. Parámetros del diseño hidráulico 111
YY. Levantamientos topográficos 112
ZZ. Período de diseño 123
AAA. Cálculo de la población a servir 124

BBB. Consumo de agua potable……..127
CCC. Identificación, captación y aforo de la fuente de agua……...131
DDD. Líneas de conducción 135
EEE. Líneas de distribución..... 140
FFF. Cálculo hidráulico 145
GGG. Educación de adultos, Andragogía 147
HHH. Modelo de diseño instruccional ADDIE..... 150
III. Metodología de proyectos de comunicación y educación en salud 152
JJJ. Aplicaciones prácticas 159
KKK. Elaboración de material didáctico en comunidades iletradas y de escasos recursos .. 160
V. ANTECEDENTES 162
A. Marco contextual..... 162
B. Marco legal y situación del agua..... 171
VI. METODOLOGÍA 175
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua……..……...175
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……..…...182
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia……..…..185
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……..……186
E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……...…188
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa ……....190
G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua…….....198
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……..…….200
I. Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación……...…201

VII. RESULTADOS 207
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua……..……....206
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……222
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia……232
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……...267
E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……...…271
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa …….....294
G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua…….....304
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……..317
I. Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación……...328
VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS……...343
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua…….....……...342
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……....346
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia……..……..357
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……..…….368
E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……..373
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa ……....378

G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua……..…...382
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……..386
IX. CONCLUSIONES……...391
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua……..……....390
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……....391
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia…….392
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……393
E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……..…394
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa ……..…...395
G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua……..……...396
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……397
I. Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación……..……398
X. RECOMENDACIONES..... 401
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua……..…….....400
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……..…..401
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia……..…..402
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……..….403

E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……..……404
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa ……...404
G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua…….....405
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……405
I. Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación…….…406
XI. BIBLIOGRAFÍA.....408
XII. GLOSARIO.....424

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Departamentos de Guatemala con mayor incidencia de enfermedades gastrointestinales a causa de la mala calidad del agua con algunas modificaciones.....18
Cuadro 2. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano según la Normativa COGUANOR NTG 29001. 20
Cuadro 3. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano según Normativa COGUANOR NTG 29001. 21
Cuadro 4. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua según la Normativa COGUANOR NTG 29001. 22
Cuadro 5. Descripción de un método para el análisis detallado de actividades agrícolas. 31
Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la utilización del sistema de riego por aspersión. 32
Cuadro 7. Ventajas y desventajas de la utilización del sistema de riego por goteo. 33
Cuadro 8. Producción final de raíz, azúcar y materia seca, para distintos niveles de agua en cada sistema de riego. 36
Cuadro 9. Eficiencia del agua (Efa), sobre las producciones de raíz, azúcar y materia seca por unidad de agua usada, para distintos niveles de agua y dosis de nitrógeno. 36
Cuadro 10. Clasificación botánica de la Piña Ananas Comosus.....38
Cuadro 11. Información nutricional para 100 gr de piña 38
Cuadro 12. Clafisificación de la dureza por especie de árbol. 50
Cuadro 13. Propiedades mecánicas de madera Laurel 52

Cuadro 14. Propiedades físicas de madera Laurel 52
Cuadro 15. Nivel Mínimo de Protección Sísmica y probabilidad del sismo de diseño. 54
Cuadro 16. Indice de sismicidad Fa y coeficiente de sitio Fv. 56
Cuadro 17. Información de eficiencia de escurrimiento estimado 59
Cuadro 18. Tratamientos recomendados para diferentes fuentes a fin de producir agua con riesgo viral insignificante[a] 64
Cuadro 19. Estándares para fuentes de agua cruda, suministro doméstico 65
Cuadro 20. Criterios para destinación de recurso para consumo humano y doméstico (mg/L). 65
Cuadro 21. Normas técnicas que deben seguirse en los muestreos 66
Cuadro 22. Proceso de purificación de agua. 67
Cuadro 23. Atributos comunes del agua por los procesos convencionales 68
Cuadro 24. Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es 69
significativa para la salud. 69
Cuadro 25. Composición típica de las aguas residuales domésticas 70
Cuadro 26. Variables principales en el diseño de filtros 77
Cuadro 27. Principales características de filtros 80
Cuadro 28. Relación entre el diámetro de grano 86
Cuadro 29. Carbones de clase antracítica 87
Cuadro 30. Filtro típico medio dual 88
Cuadro 31. Lechos de grava para sistema inferior en filtros de arena 89
Cuadro 32. Valores aproximados de factores de forma para la arena 91
Cuadro 33. Relación caudal, área mínima y velocidad de filtración 92
Cuadro 34. Principales métodos de lavado y limpieza de filtros 93
Cuadro 35: Límites del campo topográfico planimétrico 120
Cuadro 36. Vida útil aproximada de materiales y equipo 123
Cuadro 37: Valores de dotación sugeridos con base al tipo de servicio 128
Cuadro 38. Factor de caudal máximo diario 129
Cuadro 39. Factor de caudal máximo horario 130
Cuadro 40: Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 30. 136
Cuadro 41. Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 40. 137
Cuadro 42. Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 80. 137
Cuadro 43. Denominación SDR y presión de trabajo para tubería PVC 1120 138

Cuadro 44. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 13.5 138
Cuadro 45. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 17 139
Cuadro 46. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26 139
Cuadro 47. Profundidades mínimas de colocación de tubería de PVC 140
Cuadro 48. Alturas máximas de carga estática para utilizar tuberías de PVC..... 141
Cuadro 49. Coeficientes de la fórmula de Hazen-Williams para diversos tipos de tuberías.. 145
Cuadro 50. Comparación entre la pedagogía y la andragogía..... 149
Cuadro 51: Análisis de audiencias. 174
Cuadro 52. Información acerca de los muestreos realizados durante el trabajo de campo en el Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. 207
Cuadro 53. Resultados de todos los parámetros físicos analizados en las muestras de agua durante los cuatro muestreos realizados. 208
Cuadro 54. Análisis estadístico de las características físicas de las muestras de agua. 209
Cuadro 55. *E. coli* determinada en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™ 212
Cuadro 56. Coliformes determinadas en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™ 213
Cuadro 57. Concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio en las muestras de agua y de suelo durante los cuatro muestreos realizados. 215
Cuadro 58. Análisis estadístico de las características químicas de muestras de agua y suelo..... 215
Cuadro 59. Coeficiente de Correlación entre la concentración de Nitratos, ... 216
Nitritos, Fosfatos y Potasio del Agua y del Suelo. 216
Cuadro 60. Comparación de las medias de los parámetro físicos, microbiológicos y químicos evaluados en las muestras de agua según la época del año en que se muestreó (época seca y época lluviosa)..... 221
Cuadro 61. Resumen de los resultados obtenidos en los análisis de las fuentes de agua del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal con el fin de observar de forma general los resultados descritos anteriormente. 222
Cuadro 62. Costos de materiales para la elaboración del sistema de riego por goteo..... 229
Cuadro 63. Resultados del análisis físico de piña (*A.comosus)* de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal. 229
Cuadro 64. Resultados de análisis fisicoquímico de piña (*A. comosus*) de la comunidad de……..... 230
San Agustín, Morales, Izabal. 230

Cuadro 65. Dimensiones de las vigas secundarias de techo 233
Cuadro 66. Cargas integradas al peso de cada viga secundaria 233
Cuadro 67. Distancia de soporte requerida de cada viga sobre las vigas principales 233
Cuadro 68. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicaciòn 234
Cuadro 69. Esfuerzo de flexión requerido y admisible en vigas secundarias 234
Cuadro 70. Esfuerzo de corte requerido y admisible en vigas secundarias 235
Cuadro 71. Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra en vigas secundarias 235
Cuadro 72. Deflexiones por carga viva y muerta soportadas por las vigas secundarias 235
Cuadro 73. Dimensiones de las vigas principales de techo 235
Cuadro 74. Cargas integradas al peso de cada viga principal 236
Cuadro 75. Distancia de soporte requerido por la viga principal sobre el panel 236
Cuadro 76. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicación 236
Cuadro 77. Esfuerzo de flexión requerido y admisible en vigas principales 237
Cuadro 78. Esfuerzo de corte requerido y admisible en vigas principales 237
Cuadro 79. Esfuerzo de compresiòn perpendicular admisible en vigas principales 237
Cuadro 80. Deflexiones por carga viva y carga muerta soportadas por las vigas principales 238
Cuadro 81. Dimensiones de los puntales en cada panel. 239
Cuadro 82. Dimensiones de los dinteles en vetanas 239
Cuadro 83. Dimensiones de las diagonales. 239
Cuadro 84. Espesor de panel y espaciamiento de clavos para cada puntal 243
Cuadro 85. Carga de sismo a la que se encuentra sometido cada panel de la vivienda 243
Cuadro 86. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicaciòn 244
Cuadro 87. Compresión admisible y demandante paralela al grano 244
Cuadro 88. Compresión admisible y demandante perpendicular al grano 245
Cuadro 89. Flexión en el puntal 245
Cuadro 90. Flexión-compresión en el puntal 246
Cuadro 91. Parámetros de diseño sísmico para la estructura 247
Cuadro 92. Peso sísmico de la estructura 247
Cuadro 93. Peso sísmico integrado 248
Cuadro 94. Carga sísmica en dirección X 248
Cuadro 95. Factor K de distribución sísmica dirección X 248
Cuadro 96. Carga sísmica en dirección Y 248

Cuadro 97. Factor K de distribución sísmica dirección Y 249
Cuadro 98. Cálculo de corte basal dirección X..... 249
Cuadro 99. Cálculo de corte basal dirección Y..... 250
Cuadro 100. Carga de viento y sismo en cada cara de la vivienda 251
Cuadro 101. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicación 251
Cuadro 102. Compresión admisible y demandante paralela al grano 252
Cuadro 103. Compresión admisible y demandante paralela al grano 252
Cuadro 104. Flexión en el puntal..... 253
Cuadro 105. Flexo compresión..... 253
Cuadro 106. Parámetros considerados para el diseño por viento 254
Cuadro 107. Dimensiones de la solera perimetral 255
Cuadro 108. Deflexiones en la solera..... 255
Cuadro 109. Propiedades de la solera 256
Cuadro 110. Dimensiones de la losa de piso y características de refuerzo..... 256
Cuadro 111. Propociones de mezcla de concreto para la solera y el piso. 257
Cuadro 112. Especificación de diseño de lámina para cubierta..... 257
Cuadro 113. Carácterísticas de los pernos de anclaje para los páneles exteriores. 258
Cuadro 114. Factores de corrección seleccionados para diseño de pernos de anclaje. 259
Cuadro 115. Fuerza de corte a la que se encuentra sometido cada perno y fuerza 259
de corte admisible correspondiente. 259
Cuadro 116. Cantidad de pernos requeridos para cada panel exterior y penetración..... 260
mínima admitida en el concreto 260
Cuadro 117. Dimensiones estándar para clavos de madera utilizados en el proyecto
(NDS 2005) 261
Cuadro 118. Volumen total de material necesario para la soleraperimetral de la vivienda. .. 263
Cuadro 119. Volumen total de material necesario para la losa de piso. 263
Cuadro 120. Volumen total de madera en pie/tablar..... 264
Cuadro 121. Desglose de costos totales de la vivienda..... 265
Cuadro 122. “Datos de lluvia INSIVUMEH del 2011 al 2014 en mm de agua” 268
Cuadro 123. Dimensiones del sistema de primeras aguas 269
Cuadro 124. Dimensiones del sistema de principal de abastecimiento de agua para
diferente cantidad de habitantes en vivienda 269
Cuadro 125. Costos del Sistema de captación de agua pluvial. 270

Cuadro 126. Costo detallado del sistema de primeras aguas y tuberías. 271
Cuadro 127. Tipo de influente 273
Cuadro 128. Elección del material filtrante del filtro de bastidor vertical por gravedad 273
Cuadro 129. Caudal de agua necesaria por vivienda al día 274
Cuadro 130. Análisis granulométrico grava mayor a 1/2 pulgada 274
Cuadro 131. Análisis granulométrico gravilla ¼- 1/3 in 275
Cuadro 132. Análisis granulométrico arena de río 275
Cuadro 133. Análisis granulométrico arena blanca de cerro 275
Cuadro 134. Análisis granulométrico carbón mineral 276
Cuadro 135. Análisis granulométrico carbón activado 276
Cuadro 136. Propiedades geotextil PN151250 283
Cuadro 137. Gravedad específica materiales a granel del filtro 283
Cuadro 138. Coeficiente de uniformidad grava 284
Cuadro 139. Coeficiente de uniformidad gravilla 284
Cuadro 140. Coeficiente de uniformidad arena blanca de cerro 285
Cuadro 141. Coeficiente de uniformidad arena de río 285
Cuadro 142. Coeficiente de uniformidad carbón mineral 285
Cuadro 143. Coeficiente de uniformidad carbón activado 286
Cuadro 144. Variación de la altura de agua sucia máxima para una velocidad de filtración ideal para un lecho de 5, 10 y 15 cm de altura de arena. 286
Cuadro 145. Diseño filtro 1 y filtro 2 290
Cuadro 146. Dimensiones filtro completo según el caudal necesario 291
Cuadro 147. Características físicas 292
Cuadro 148. Características químicas 293
Cuadro 149. Características de sustancias orgánicas 293
Cuadro 150. Características microbiológicas 294
Cuadro 151. Análisis granulométrico de la arena de río 296
Cuadro 152. Análisis granulométrico de la arena blanca 296
Cuadro 153. Análisis granulométrico de grava 1 296
Cuadro 154. Análisis granulométrico de grava 2 296
Cuadro 155. Análisis granulométrico de carbón vegetal 297
Cuadro 156. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de gravilla con tamaño de partícula 0.355mm 300

Cuadro 157. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de carbón vegetal con tamaño de partícula 4.75mm 300
Cuadro 158. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de carbón, arena de río y gravilla 300
Cuadro 159. Comparación entre filtro de arena blanca vs arena de río según la capacidad de filtración de sulfatos y nitritos. 301
Cuadro 160. Análisis de sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de grava, arena blanca carbón vegetal de 10,30,20 cm de altura respectivamente. 301
Cuadro 161. Filtro de arena blanca (15 cm de alto) y carbón vegetal (1 cm de alto) vs arena blanca (15cm de alto) y carbón activado (1 cm de alto) 301
Cuadro 162. Filtro de arena blanca (15 cm de alto), carbón activado (1 cm de alto) y carbón vegetal (1 cm de alto). 301
Cuadro 163. Análisis de sulfatos de agua jabonosa antes y después de pasarla por el filtro de altura de 20 cm de arena blanca y 6 cm de carbón activado 302
Cuadro 164. Filtro lento experimentalmente de arena blanca con velocidad de filtración de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 m/h 302
Cuadro 165. Filtro rápido experimental de arena blanca con velocidad de filtración de 5m/h 302
Cuadro 166. Filtro lento teórico de arena blanca 303
Cuadro 167. Filtro lento teórico de arena blanca, con velocidad de filtración de 5 m/h 303
Cuadro 168. Comparación teórica y experimental de características para filtro lento 303
Cuadro 169. Comparación teórica y experimental de las características para filtro rápido ... 303
Cuadro 170. Densidad relativa de diferentes medios filtrantes 304
Cuadro 171. Área mínima requerida, según la velocidad de flujo y el caudal 304
Cuadro 172. Pre-Diseño de filtro elaborado de arena, carbón activado y carbón vegetal ... 304
Cuadro 173. Altura de agua sobrenadante y altura de lecho de arena del pre-diseño de filtro 304
Cuadro 174. Presupuesto del diseño de las duchas 312
Cuadro 175. Presupuesto del material de construcción 312
Cuadro 176.Cabeza estática total necesaria para el bombeo de agua 312
Cuadro 177. Potencia de bomba requerida a diferente eficiencia 313
Cuadro 178. Detalle de precios de materiales requerido para la construcción del filtro 313
Cuadro 179. Permeabilidad de la arena 314

Cuadro 180. Tamaño de partícula del carbón para mantener la velocidad de filtrado..... 314
Cuadro 181. Monitoreo del filtro para observar la saturación..... 315
Cuadro 182.Comparación de carbón vegetal vs carbón activado en filtros con misma altura de arena. 315
Cuadro 183. Monitoreo de filtro con mezcla de carbón activado y carbón vegetal. 315
Cuadro 184. Aforo de la fuente de agua durante la época seca y lluviosa 318
Cuadro 185. Datos de la población y servicios actuales 319
Cuadro 186. Parámetros utilizados para la estimación de la población futura 320
Cuadro 187. Cálculo de la población futura a servir con base en el método geométrico 320
Cuadro 188. Cálculo de la población futura a servir con base en el método aritmético 320
Cuadro 189. Cálculo de caudales de diseño para consumo de agua en la línea de conducción. 321
Cuadro 190. Cálculo de caudales de diseño para las líneas de distribución 321
Cuadro 191. Cálculo de diámetros de tubería en la línea de conducción. 322
Cuadro 192. Cálculo de diámetros de tubería en la línea de distribución I 322
Cuadro 193. Cálculo de diámetros de tubería en las líneas de distribución II, III y IV 323
Cuadro 194. Resumen de los valores de diseño para la línea de conducción 323
Cuadro 195. Resumen de los valores de diseño para la línea de distribución I 324
Cuadro 196. Resumen de los valores de diseño para las líneas de distribución II, III y IV ... 324
Cuadro 197. Resumen de costos directos por componente: 325
Cuadro 198. Resumen de costos totales por componente 326
Cuadro 199. Organización de la información de la propuesta educativa 332
Cuadro 200. Indicadores de monitoreo de propuesta educativa 335

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas a nivel aplicadas en un terreno inclinado. 25
Figura 2. Valores del consumo de agua en m^3 por hectárea en cultivo de maíz. 34
Figura 3. Valores del rendimiento en kg de maíz por m^3 de agua de riego. 35
Figura 4.Tipología típica de una casa de madera. 42
Figura 5. Miembros que conforman los páneles. 43
Figura 6. Vigas en voladizo. 44

Figura 7. Disposición de las vigas en el techo. (a) Armadura; (b) Techo abovedado;
(c) Vigas tipo Rafter. 45
Figura 8. Diagrama de sección de panel de madera tradicional. 45
Figura 9. Efectos causados por las fuerzas laterales. 46
Figura 10. Seccion de un árbol. 51
Figura 11. Mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala. 56
Figura 12. Partes de captación 58
Figura 13. Modelo de interceptor de primeras aguas 61
Figura 14. Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas. 75
Figura 15. Descripción de la filtración 78
Figura 16. Tipos de filtros 78
Figura 17. Medios de filtración 79
Figura 18. Comportamiento de un lecho filtrante durante el lavado 84
Figura 19. Esquema de flujo de un filtro 89
Figura 20. Corte de filtro vertical 94
Figura 21. Corte de filtro vertical 95
Figura 22. Válvula de compuerta. 97
Figura 23. Válvula de globo 97
Figura 24. Válvula de bola 98
Figura 25. Válvula de retención por bisagra 98
Figura 26. Válvula de retención por elevación. 98
Figura 27. Esquema de bomba de ariete hidráulico 99
Figura 28. Ciclo natural del agua 101
Figura 29. Forma simple del balance hidrológico 102
Figura 30. Esquema general de recarga y descarga 102
Figura 31. Manantial debido a una elevación del nivel del agua subterránea 104
Figura 32. Manantial resultante por el afloramiento de un material impermeable 104
Figura 33. Vertientes hidrográficas de Guatemala 105
Figura 34. Cantidad de cuencas por vertiente 106
Figura 35. Área por vertiente en km^2 106
Figura 36. Áreas protegidas de Izabal 109
Figura 37. Tipos de poligonales 113
Figura 38. Trigonometría de la determinación de distancias 114

Figura 39. Tipos de ángulos horizontales 115
Figura 40. Tipos de ángulos verticales 115
Figura 41. Sistema sexagesimal 116
Figura 42. Representación idealizada de telescopio 116
Figura 43. Medición óptica de distancia con lente inclinado 117
Figura 44. Elevación o altitud de un punto 118
Figura 45. Plano horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra 119
Figura 47. Parámetros en la nivelación trigonométrica 120
Figura 48. Gráfica de crecimiento poblacional por el método aritmético 126
Figura 49. Procedimiento de comparación gráfica del crecimiento poblacional 127
Figura 50. Gráfica de la variación del caudal promedio diario 130
Figura 51. Planta de captación de brote definido 132
Figura 52. Corte A-A de captación de brote definido 133
Figura 53. Captación de agua de lluvia 133
Figura 54. Red de distribución abierta 141
Figura 55. Planta y corte de una caja rompe-presión tradicional 142
Figura 56. Paso aéreo 142
Figura 57. Paso de zanjón 142
Figura 58. Concepto de una caja unificadora de caudal 143
Figura 59. Concepto de una caja distribuidoras de caudal 143
Figura 60. Bosquejo de una caja para válvula 144
Figura 61. Perfil de la combinación de tuberías 146
Figura 62. Cargas estática y dinámica de la línea de conducción 147
Figura 63. Elementos del proceso andragógico. 150
Figura 64. Modelo ADDIE 152
Figura 65. Método SARAR. 154
Figura 66. Técnicas SARAR. 155
Figura 67. Adaptación libre del modelo socioecológico 157
Figura 18. Los pasos del proceso de CCSyC 158
Figura 69. Estrategias clave de la CCSyC. 159
Figura 70. Pasos para la planificación de un programa ambiental de WRI y FWS 160
Figura 71. Ubicación geográfica del municipio de Morales, Izabal 162
Figura 72. Comportamiento de la temperatura (1946-1992) 163

Figura 73. Aliados y socios. Cuadro de elaboración propia basada en modelo de la..... 166
Guía de implementación de la estrategia CCSyC en el Altiplano de Guatemala..... 166
Figura 74. Vista del terreno y tipología estructural de las casas. 167
Figura 75. Detalle del techo y vigas de techo. 167
Figura 76. Ejemplo de casa construida con mampostería y madera. 168
Figura 77. Cubetas utilizadas en cada casa, para..... 168
recolectar el agua de lluvia que cae de los techos. 168
Figura 78. Nacimiento de agua con estructura improvisada, utilizado 169
como pozo para abastecimiento de agua, para consumo humano. 169
Figura 79. Río Amatillo utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano 169
Figura 80. Casa con techo de paja ubicada en el caserío cumbre San Agustín..... 170
Figura 81. Casas con techo de lámina, ubicadas en el caserío cumbre San Agustín 170
Figura 82. Captación de agua pluvial por parte de los pobladores 171
Figura 83. Diagrama de flujo de fases de la investigación 180
Figura 84. Prototipo de filtro para pruebas 191
Figura 85. Prueba de Caolín como material filtrante 192
Figura 86. Prototipo de filtro 2..... 193
Figura 87. Primer diseño de pila 196
Figura 88. Pila de una pieza 196
Figura 89. Vista de planta del primer diseño de pila 196
Figura 90. Filtro con roscas NPT 2 ½ 197
Figura 91. Acople con rosca NPT 2 ½ in 197
Figura 92. Diseño de pila No.2 197
Figura 94. Pasos ADDIE y validación de la propuesta. 204
Figura 95. Comparación de los valores de pH en las cuatro fuentes de agua..... 210
Figura 96. Coparacion de los valores de turbidez en las cuatro fuentes de agua 210
Figura 97.Comparación de los valores de conductividad eléctrica en las cuatro fuentes de agua…..... 211
Figura 98. Comparación de los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 211
en las cuatro fuentes de agua..... 211
Figura 99. Comparación de los valores de sólidos totales en las cuatro fuentes de agua. ... 212
Figura 100. Comparación de la cantidad de colonias de *E. coli*..... 213
determinadas en las cuatro fuentes de agua..... 213

Figura 101. Comparación de la cantidad de colonias de Coliformes 214
determinadas en las cuatro fuentes de agua. 214
Figura 102. Comparación de la concentración de nitratos determinados en las cuatro fuentes de agua. 217
Figura 103. Comparación de la concentración de nitritos determinados en las cuatro fuentes de agua. 217
Figura 104. Comparación de la concentración de fosfatos determinados en las cuatro fuentes de agua. 218
Figura 105. Comparación de la concentración de potasio 218
determinado en las cuatro fuentes de agua. 218
Figura 106. Comparación de la concentración de nitratos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua. 219
Figura 107. Comparación de la concentración de nitritos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua. 219
Figura 108. Comparación de la concentración de fosfatos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua. 220
Figura 109. Comparación de la concentración de potasio determinado en el suelo 220
cercano a las cuatro fuentes de agua. 220
Figura 110. Valor de cumplimiento de cada categoría luego de la evaluación de 223
Buenas Prácticas Agrícolas en la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal. 223
Figura 111. Evaluación de fotos tomadas durante las visitas a la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal 224
Figura 112. Instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo utilizando material reciclable 226
Figura 113. Resultado de evaluación de piña (*A. comosus*) del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. 230
Figura 115. Vista en planta de la estructura gravitacional de la vivienda. 238
Figura 116. Elevación frontal de la vivienda. 239
Figura 117. Elevación trasera de la vivienda. 240
Figura 118. Elevación lateral izquierda de la vivienda. 240
Figura 119. Elevación lateral derecha de la vivienda. 241
Figura 120. Elevaciones generales de la vivienda. 241
Figura 121. Elevaciones generales de la vivienda. 242

Figura 122. Elevaciones generales de la vivienda. 242
Figura 123. Corte longitudinal del panel. 243
Figura 124. Refuerzo de solera perimetral. 255
Figura 125. Vista de planta de la lámina de cubierta. 257
Figura 126. Vista en detalle de la canal de agua. 258
Figura 127. Detalle de pernos de anclaje para páneles exteriores 259
Figura 128. Detalle de anclaje de perno en el concreto. 260
Figura 129. Conexión de marcos de páneles de caras cortas 260
Figura 130. Clavo 20d. 261
Figura 131. Clavo 8d. 261
Figura 132. Clavo 6d. 261
Figura 133. Detalle de la conexión viga-costanera. 262
Figura 134. Detalle de la conexión lámina-costanera. 262
Figura 135. Detalle de la conexión viga principal-viga principal. 263
Figura 136. Detalle de la conexión viga principal-panel 263
Figura 137. Gráfica del costo de la vivienda industrializada vrs costo de la vivienda 264
construída por los pobladores del Caserío cumbre de San Agustìn. 264
Figura 138. Gráfica de representaciòn porcentual de la materia prima de la vivienda 266
Figura 139. Gráfica de costo de materiales necesarios para la construcciòn de la vivienda. 267
Figura 140. “Dimensiones del sistema” 269
Figura 141. Diseño del sistema de desvío de primeras aguas a escala laboratorio basado
en UNATSABAR 2001 con mejoras incluidas 270
Figura 142. Portada del diseño de sistema de captación de agua pluvial. 271
Figura 143. Pantalla principal del simulador para el ingreso de datos 272
Figura 144. Curva granulométrica grava mayor a ½ pulgada 277
Figura 145. Curva granulométrica gravilla ¼-1/3 in 278
Figura 146. Curva granulométrica arena de río 279
Figura 147. Curva granulométrica arena blanca de cerro. 280
Figura 148. Curva granulométrica carbón mineral 281
Figura 149. Curva granulométrica carbón activado 282
Figura 150. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho
de arena (L) de 5 centímetros 287

Figura 151. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho de arena (L) de 10 centímetros 288
Figura 152. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho de arena (L) de 15 centímetros 289
Figura 153. Diseño filtro de arena, grava, tela filtrante y carbón. 291
Figura 154. Plano Pre-diseño de sistema de lavado y filtración 295
Figura 155. Gráfico de análisis granulométrico de la arena de río 297
Figura 156. Gráfico de análisis granulométrico de la arena blanca 298
Figura 157. Gráfico de análisis granulométrico de grava 1 298
Figura 158. Gráfico de análisis granulométrico de grava 2 299
Figura 159. Gráfico de análisis granulométrico de carbón vegetal 299
Figura 160. Ubicación seleccionada para diseño de duchas públicas en el caserío Cumbre de San Agustín en Morales, Izabal 305
Figura 161. Fotos del lugar seleccionado 306
Figura 162. Planta módulo duchas públicas 306
Figura 163. Planta acotada vista interna de las duchas públicas 307
Figura 164. Elevación 1 308
Figura 165. Elevación 2 309
Figura 166. Sección transversal 310
Figura 167. Drenaje de tubería 311
Figura 168. Cimentación y corrida 311
Figura 169. Altura de agua vs velocidad de filtrado para definir la clase de filtro 313
Figura 170. Área mínima de filtro 314
Figura 171. Propuesta de sistema de tratamiento de aguas 316
Figura 172. Diagrama de diseño final del módulo 317
Figura 173. Aforo de la fuente de agua 319
Figura 174. Costos directos por componente 327
Figura 175. Modelo de elevación digital del caserío Cumbre de San Agustín 328
Figura 176. Diagrama de modelo combinado utilizado. 329
Figura 177. Mensaje por unidad de la propuesta del programa educativo 333
Figura 178. Ejemplo de uso del papelógrafo. 336
Figura 179. Afiche sobre la contaminación del agua 336
Figura 180: Elaboración y uso de títeres para mediar información 337

Figura 181. Ejemplos de flashcards 337
Figura 182. Ejemplo de formato de un afiche 338
Figura 183. Presentación de títeres 339
Figura 184. Afiche sobre cómo usar su ecofiltro 340
Figura 185. Ejemplo de afiche sobre cómo cuidar el ecofiltro 341
Figura 186. Cartilla Creciendo Bien 342
Figura 187. Mapa de zonas de velocidad básica del viento para la República de Guatemala 359
Figura 188. Diagrama de cuerpo libre para uno de los páneles (Fuerzas en Newtons y corte V en N/m.) 362
Figura 189. Distribución del presupuesto por componente 389

RESUMEN

El objetivo del megaproyecto fue diseñar un sistema de suministro y purificación de agua a través de tecnologías apropiadas, lo cual facilita el acceso al agua potable y, por consiguiente, el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales Izabal. En las soluciones propuestas, se consideraron los criterios técnicos, económicos y educativos para que la implementación fuera factible, es así como se logró la integración de aportes psicopedagógicos, bioquímicos y microbiológicos, alimentarios y químico civiles.

En la primera visita de campo se identificaron diversos problemas que afectan a la comunidad tales como: a) A partir de la caracterización física, microbiológica y química de la tierra y fuentes de agua, según la norma COGUANOR NTG 29001, se determinó que el agua no era apta para el consumo humano, debido a los fertilizantes y contaminantes evidenciados, así como por la presencia de *Escherichia coli*. b) La contaminación del agua estaba relacionada con la falta de conocimiento de "Buenas Prácticas Agrícolas". c) Manejo inapropiado del agua utilizada, en el aseo personal, limpieza de la ropa y utensilios de cocina, provoca la contaminación de las fuentes cercanas. d) Vulnerabilidad de la infraestructura de las viviendas ante los desastres naturales, ya que la mayoría se compone de techos de paja y troncos de madera, otras por techos de lámina y vigas y columnas de madera, con secciones transversales muy irregulares. Todas construidas de manera empírica, lo que aumenta el riesgo frente a fenómenos naturales comunes en esta región.

Ante los problemas citados, se propusieron las soluciones siguientes:

a) Para el problema de la contaminación del agua, se recomendó un sistema de potabilización específico para cada una de las fuentes, según su turbidez, número de coliformes y *Escherichia coli. S*e realizaron dos propuestas: Un sistema de captación de agua pluvial y un sistema de abastecimiento en tubería por gravedad.

b) Para disminuir el riesgo de contaminación del suelo y de las fuentes de agua cercanas, se elaboró un manual de "Buenas Prácticas Agrícolas" y un instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo.

El sistema de captación de agua pluvial implica el rediseño del sistema estructural de las viviendas, así como un sistema colector de primeras aguas, un sistema de tuberías con cambio de flujo para conducir al sistema principal conformado por depósitos de diferentes tamaños, y un filtro vertical de bastidores por gravedad. El sistema de abastecimiento se basa en un sistema de conducción de agua por gravedad, desde un nacimiento ubicado a una distancia aproximada de 3 Km hacia el núcleo de la comunidad. El diseño propuesto se realizó con base en los criterios de la norma de diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales.

c) Para el problema del retorno del agua contaminada a las fuentes, se propuso reducir la contaminación, por aseo personal, mediante el diseño de un sistema de duchas públicas, construidas de block y concreto, por su durabilidad; con un filtro de arena y carbón, por ser materiales de fácil manejo y bajo costo. Para reducir la contaminación por limpieza de ropa y utensilios de cocina, se diseñó un sistema de lavadero, donde el agua desechada es filtrada a través de un filtro de arena y carbón conectado a una pila que consta de 4 lavaderos, 2 depósitos de agua para lavar la ropa y 1 depósito de aguas jabonosas. Este sistema reduce los componentes del jabón tales como los sulfatos, y filtra la suciedad de la ropa.

d) Se diseñó la propuesta de un programa de educación comunitario acerca de conductas y prácticas para mejorar la salud, higiene, saneamiento y manejo de agua destinada para el consumo humano. El programa responde al modelo de diseño instruccional ADDIE y a una metodología compuesta por métodos y estrategias de enfoque en cambio de conducta, tanto participativos como socio-ecológicos, para garantizar su efectividad y sostenibilidad. Cabe mensionar que se completaron las fases de análisis, diseño y evaluación formativa del programa, planteándose así, una propuesta para ser desarrollada, implementada y evaluada posteriormente.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo de megaproyecto se realizó en el caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal y consistió en el diseño y desarrollo de un sistema de purificación de agua mediante filtros naturales. Este proyecto busca ser un sistema modelo para las diferentes comunidades de escasos recursos del país, y contribuir a la solución de un problema nacional como es el acceso al agua potable.

En Guatemala son muchas las comunidades que se ven afectadas por el consumo de agua contaminada, sin embargo, se determinó que el caserío seleccionado, además de la falta de agua potable y las enfermedades causadas por ello, forma parte de las comunidades que serán beneficiadas con el inicio de un proyecto hídrico por parte de la Municipalidad de Morales. En virtud de ello, se decidió trabajar conjuntamente con esta institución.

El estudio de la comunidad determinó que tiene como fuentes de agua dos nacimientos y dos quebradas del Río Amatillo. A simple vista el agua de ambas fuentes parece cristalina, lo cual hace pensar a sus pobladores que es apta para su consumo, sin embargo, es todo lo contrario. Además, se comprobó que las plantaciones de piña se encuentran arriba de los nacimientos de agua y que existe la posibilidad de que los químicos utilizados para fertilizar y acelerar el crecimiento de estas plantas, pueda lavarse con la lluvia y redirigirse a las fuentes agua, lo cual podría afectar la salud de los pobladores que hacen uso de ella.

El informe del megaproyecto fue dividido en módulos, y enfocado exclusivamente en el Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. Por tal motivo, el documento contiene:

- Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua del caserío.
- Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (*Ananas comosus*); mediante Buenas Prácticas Agrícolas y un Sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción continua.
- Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera, para gente de escasos recursos, enfocada en la captación de agua de lluvia.
- Diseño de sistema de captación y almacenaje de agua pluvial, por medio de una nueva tipología estructural en el techo de las viviendas del caserío.
- Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario.
- Diseño de sistema de tratamiento natural de agua utilizada en el lavado de ropa.

- Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua del caserío.
- Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas actuales que impactan en el caserío.
- Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación en la comunidad del caserío.

El presente trabajo se enfoca en comprobar si las fuentes de agua del caserío son aptas para el consumo humano por medio de la evaluación de pH, turbidez, conductividad eléctrica, olor, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, presencia o ausencia de colonias de *E. coli* y coliformes, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio. Se compararon los resultados de todos los parámetros evaluados durante los cuatro muestreos realizados (dos en época seca y dos en época lluviosa) con los límites máximos permisibles establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001. Este reporte sobre la calidad del agua del Caserío Cumbre de San Agustín está formado por los resultados de los parámetros evaluados durante los muestreos, además del resultado obtenido de una investigación extra realizada sobre la moringa como agente bactericida en el agua.

Con base en la determinación de la contaminación del agua de las fuentes del caserío, se procedió a evaluar las posibles fuentes de la misma y a la búsqueda de soluciones, las cuales se describen a continuación:

Se realizó un análisis en el área agrícola del caserío, el cual revela que las malas prácticas agrícolas afectan el desarrollo económico y causan un mayor impacto negativo sobre los suelos y fuentes de agua cercanas. Por tal motivo, se presenta un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas que ayudará a mejorar los procesos de producción agrícola de la comunidad. En el manual se incluyen técnicas como el uso de curvas a nivel y el uso de un sistema de riego por goteo que favorecerá la conservación de suelos y producción continua del cultivo. Finalmente, se presentan los resultados de la evaluación de las características físicas y químicas de la piña *(A. comosus*) comparándolo con parámetros establecidos en la Norma para la Piña del Codex STAN 182-1993 y resumido en una ficha que describe las generalidades del producto de la comunidad y su clasificación de calidad de acuerdo al Codex S182-1993.

También se diseñó una vivienda digna para las familias de escasos recursos, de rápido ensamblado, que puede ser construida en serie, en cualquier comunidad rural de Guatemala. Su objetivo es recolectar el agua de lluvia, a través del techo; purificarla mediante el uso de un filtro

que se instaló en la tubería de la bajada de agua, y utilizarla para su consumo diario. Otro aspecto que se tomó en cuenta fue la ventilación de las casas, por lo que se logró reducir su calentamiento al mínimo. El volumen de madera por pie tablar permitió obtener un diseño liviano, antisísmico y poco vulnerable ante eventos naturales tales como los huracanes, los cuales son frecuentes en esta área del país.

Para complementar la casa modelo, se diseñó un sistema de captación y almacenaje de agua pluvial, usando una nueva tipología estructural del techo de las viviendas que almacenan el agua captada y suplen así la necesidad de agua potable. El sistema consta de: área de captación, canaletas, sistema de tubería, sistema de primeras aguas y sistema principal. Por otro lado, se calculó la cantidad de agua que se debe desviar para limpiar el área de captación y separarla del resto, con el propósito de porderla utilizar para riego, fue así como surgió el sistema para el cambio de flujo en la tubería. En consecuencia, se realizó un simulador para dimensionar el sistema donde se ingresa área de captación, coeficiente de escorrentía dependiendo del material del techo, cantidad de personas en la vivienda, demanda diaria, para obtener el dimensionamiento y los costos.

También se implementó el diseño de filtros naturales que permitan lograr agua potable para los pobladores, así como para evitar la contaminación de las fuentes de agua. En el área de filtros se diseñaron tres modelos que se describen a continuación:

Primero se diseñó y desarrolló un sistema de potabilización de agua a nivel domiciliario con materiales disponibles en el caserío. Para ello se analizó la arena de río y de cerrol de dicha comunidad, así como la grava del lugar. Se realizó un análisis granulométrico de cada grano, y a partir de ello se determinó el coeficiente de uniformidad y tamaño efectivo de partícula. Con base en la caracterización de grava, arena y carbón se diseñó el filtro con alturas adecuadas para cada techo, según la proporción adecuada y la velocidad lineal filtrante ideal.

El segundo filtro utilizado fue de tipo vertical y el fluido a filtrar fue agua jabonosa, también llamada agua gris, la cual se genera en el lavado de ropa. La finalidad de filtrar el agua jabonosa, es reducir el aumento de la contaminación del río. Para ello se diseñó una pila, la cual cuenta con un tanque en el que se deposita el agua jabonosa para su respectiva sedimentación de partículas; posteriormente el agua depositada en el tanque pasa por el filtro diseñado.

El tercer filtro se enfocó en el diseño de un sistema de duchas públicas, que usa como fuente el agua del río Amatillo. El sistema de tratamiento de aguas utiliza un filtro de lechos

sólidos que remueven los jabones y contaminantes provenientes del cuerpo humano, como aceites y partículas sólidas que descarga el sistema de duchas públicas. Esta acción reduce la contaminación de las fuentes primarias de agua cercanas a la comunidad. El filtro requiere mantenimiento mínimo y su construcción es de bajo costo.

El proyecto es visionario, por ello incluye el diseño de una red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas actuales que impactan en el caserío. El diseño se realizó con base en los criterios definidos por la “Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales” elaborada por el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- y por la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales -UNEPAR-. Como parte integral de un sistema sostenible, se evaluaron las condiciones hidrológicas que impactan en el caserío Cumbre de San Agustín, se analizó la disponibilidad y la demanda hídrica y la situación actual del recurso del agua para la región donde se ubica esta comunidad.

El megaproyecto también se enfocó en la realización e implementación del sistema, por tal motivo se trabajó en la propuesta de un programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación en el caserío. El programa tiene como objetivo, incidir en la mejora de la calidad de vida de sus pobladores, en materia de prácticas de salud y en el manejo del agua destinada al consumo humano.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un sistema de suministro y purificación de agua, usando tecnologías apropiadas, con el fin de beneficiar a los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población, tomando en cuenta criterios técnicos, económicos y educativos.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Describir el estado actual del agua en dos nacimientos y dos quebradas del río Amatillo cercanas al Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal a través de la evaluación de las características físicas, químicas y microbiológicas de acuerdo a la norma COGUANOR NTG 29001 como base para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la purificación del agua por medio de filtros naturales.

    a. Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de dos nacimientos y dos quebradas Río Amatillo del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal, por medio de tecnología apropiada y el uso de Petrifilm™.

    b. Analizar el agua de las fuentes que abastecen a la población para determinar si la calidad es apta para el consumo humano mediante la comparación de los parámetros aceptados por la norma COGUANOR NTG 29001.

    c. Comparar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de los nacimientos del caserío y de las dos quebradas del Río Amatillo, por medio de análisis estadísticos con el fin de recomendar las fuentes que pueden ser utilizadas por los pobladores.

    d. Determinar la concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio del suelo cercano a las fuentes de agua de la comunidad a través de técnicas de análisis instrumental que evalúen el potencial de contaminación para el agua.

2. Desarrollar un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y proponer un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción continua del cultivo en el Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

    a. Elaborar un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el mejoramiento de procesos de la producción de piña de la comunidad con base en los resultados de la evaluación del cumplimiento de las prácticas agrícolas actuales.

    b. Proponer una opción de riego para la conservación de suelos y la producción continua del cultivo de piña en la comunidad mediante un instructivo y el uso de material reciclable.

    c. Analizar las características actuales de la piña *Ananas comosus* de la comunidad, tomando en cuenta sus propiedades físicas y químicas para evaluarlo con los parámetros de la Norma del Codex para la Piña S182-1993.

3. Diseñar una casa de madera de bajo costo de fabricación, que utilice la madera local, reduzca el volumen por metro cuadrado y utilice la cubierta del techo para captar el agua de lluvia.

    a. Definir la tipología estructural de una casa en madera con sistema de resistencia lateral para brindarle sismo-resistencia debido al alto riesgo sísmico que existe en el país.

    b. Optimizar el volumen de madera por pie/tabla en la vivienda, a través de la reducción del tamaño de las secciones de vigas y paneles y del uso de iteraciones de la geometría de los elementos, hasta lograr una reducción de las dimensiones de las secciones y una eficiencia del 95% en la relación demanda-capacidad de los esfuerzos para para reducir su costo.

    c. Diseñar una cubierta de techo y canales para captar y canalizar el agua hacia un depósito de agua, a través de la búqueda del producto comercial más económico y a su vez más resistente para su uso en la vivienda.

d. Redactar un manual de construcción de la casa con el uso de planos generados por medio de software de dibujo Autodesk Revit 2014 y de imágenes simples según diseño previamente hecho para la fabricación e instalación rápida in-situ.

4. Diseñar un sistema de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas, para almacenar el agua captada y suplir así la necesidad de agua potable.

    a. Recolectar estadísticas de la cantidad de agua en forma de precipitaciones en el caserío San Agustín, por medio de departamentos institucionales destinados a la investigación y servicios meteorológicos para proyectar el dimensionamiento del sistema de almacenamiento de la captación del agua pluvial.

    b. Determinar el método de almacenamiento por medio de los datos obtenidos del dimensionamiento, investigación bibliográfica, trabajos e investigación de campo equivalentes, artículos relacionados para ayudar a mantener el cumplimiento de los requerimientos de las normas COGUANOR NTG 29 001 AGUA POTABLE.

    c. Diseñar los sistemas auxiliares: canaletas, tuberías, sistema interceptor de primeras aguas, tanque de primeras aguas, sistema para bombeo de agua, con base en base datos proporcionados por departamentos institucionales destinados a la investigación y servicios meteorológicos.

    d. Definir costos del sistema de captación por medio de cotizaciones de materiales de construcción y sistemas hidráulicos para buscar las fuentes de financiamiento.

5. Diseñar y desarrollar un sistema de potabilización de agua a nivel domiciliario en el caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

    a. Elegir el tratamiento de agua adecuado según las características químicas y microbiológicas de las fuentes de agua disponibles en el caserío Cumbre de San Agustín, tomando en cuenta costos y mantenimiento del mismo.

    b. Determinar las dimensiones del sistema de potabilización de agua elegido, de acuerdo al consumo domiciliario que se demanda para cumplir con el agua

potable que se requiere por casa y disminuir así, el índice de enfermedades gastrointestinales provenientes de la ingesta de agua contaminada.

c. Determinar el tiempo de retención del agua, a través del sistema de potabilización diseñado a través de la porosidad del material filtrante y del caudal de agua requerido.

d. Elegir el mejor material filtrante según la porosidad, gravedad específica, tiempo de retención y velocidad filtrante teórica.

e. Proporcionar el modelo para la elaboración de un sistema de potabilización de agua, de forma sencilla, económica y con el uso de materiales y herramientas disponibles para los habitantes del caserío Cumbre de San Agustín, Morales.

6. Pre-diseñar y dimensionar un sistema de tratamiento natural de agua, que permita filtrar el agua de un lavadero vertida al río.

   a. Diseñar y dimensionar una pileta base, compuesta por dos espacios, para lavar ropa y que pueda acoplarse a un sistema de tratamiento natural de agua, para filtrar el agua jabonosa y así disminuir la contaminación en el río del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

   b. Hacer diseño preliminar de filtros de bajo costo, con materiales originarios del caserío Cumbre de San Agustín, para acoplarlos a la pila del lavado de ropa.

   c. Calcular la altura constante de agua sobrenadante del filtro para poder lograr la velocidad de filtración requerida.

   d. Seleccionar los materiales filtrantes según sus propiedades de filtración, porosidad, coeficiente de uniformidad.

7. Diseñar un sistema de duchas públicas, con el agua del río Amatillo, integrando un sistema de tratamiento de aguas que utilice un filtro de lechos sólidos para remover los contaminantes del agua utilizada en el sistema para reducir la contaminación de las fuentes de agua cercanas a la comunidad.

a. Determinar la localización del diseño del sistema de duchas públicas, mediante la evaluación de las ubicaciones disponibles cercanas al río Amatillo, que resulten más convenientes para el desarrollo del mismo.

b. Seleccionar el material de construcción, tuberías y accesorios para el diseño del sistema de duchas públicas con tratamiento de aguas, a través de un presupuesto del costo del diseño de las duchas.

c. Proponer un sistema de tratamiento de agua que utilice un filtro de lechos sólidos, que requiera un mantenimiento mínimo y un bajo costo de construcción, que permita reducir la contaminación en las fuentes de agua primarias de los compuestos contenidos en jabones y contaminantes provenientes del cuerpo humano como aceites y partículas sólidas que descarga el sistema de duchas públicas.

8. Diseñar la red hidráulica de conducción y distribución del agua desde un nacimiento de agua hacia las viviendas de la comunidad, tomando como criterio para la ubicación de estos puntos: la posición geográfica y altitud de los puntos de interés, mediante el análisis topográfico y de los sistemas de información geográfica (SIG), y con esto optimizar el diseño de la red de conducción del agua.

    a. Realizar el estudio de topografía en la región donde está ubicada la comunidad, mediante una Estación Total y un dispositivo receptor GPS, para determinar con precisión los cambios de altura entre los puntos de interés y calcular las pérdidas de energía en el diseño hidráulico de las tuberías de conducción del agua.

    b. Evaluar la situación actual de los recursos naturales (disponibilidad hídrica y cobertura forestal) en el área de influencia del caserío cumbre de San Agustín, con el uso de las herramientas del Sistema de Información Geográfica “Quantum GIS 2.0”, para realizar un análisis de las condiciones hidrológicas que impactan en el área de Cumbre “San Agustín”.

    c. Realizar una propuesta técnica y económica para la construcción del sistema de distribución de agua, mediante la integración de costos y gastos que tendría la implementación del sistema de abastecimiento de agua por gravedad, con el fin de comparar este sistema con el sistema de abastecimiento unifamiliar.

9. Diseñar una propuesta para un programa educativo comunitario que mejore la calidad de vida de la población del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal por medio de prácticas de salud y de manejo del agua destinada para el consumo humano de forma sostenible.

    a. Recabar información sobre la organización de la población, las prácticas de salud, la organización familiar del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal para que el programa educativo responda a sus necesidades, intereses y problemas.

    b. Planificar una propuesta de talleres con metodología ecléctica de educación social y comunitaria sobre temas de higiene, prácticas sanitarias, buen manejo del agua y sostenibilidad del sistema de filtros.

    c. Diseñar directrices para la elaboración de material didáctico adaptado al contexto y a las necesidades de la comunidad, para utilizarlo en los procesos de enseñanza aprendizaje y como referencia a la comunidad.

    d. Proponer recursos didácticos para evaluar aprendizajes en las prácticas sanitarias, de higiene, de salud y de manejo adecuado del agua destinada al consumo humano, así como del uso del sistema de purificación de agua y de captación de agua de lluvia.

III. JUSTIFICACIÓN

El caserío “Cumbre de San Agustín” es una comunidad ubicada en la cima de una montaña, a 15 Km de Morales, de la cabecera municipal del departamento de Izabal. Su acceso vial es limitado (los últimos 3 Km son de terracería en mal estado por la cual no transita transporte colectivo), así como la escolaridad de sus pobladores. Esta comunidad carece de servicios de salud, de sistemas de distribución de agua potable, saneamiento, drenajes y control de calidad del agua. En general, sus habitantes tienen limitadas oportunidades de desarrollo personal, económico y comunitario. Basta con mencionar que consumen el agua proveniente de dos quebradas del río Amatillo y dos nacimientos ubicados en el caserío, sin tratamiento previo a su ingesta (EPICSA, 2008) y (Pobladores, 2014).

La principal fuente de ingresos del caserío objeto de estudio es el cultivo de piña. El riego de de este producto, al igual que los demás, requiere de agua limpia para asegurar la inocuidad del producto. Sin embargo, su calidad se ve afectada por falta de conocimiento de buenas prácticas agrícolas y por la escasez de agua de riego. (Jordán, 2013). De igual forma, si el cultivo recibe agua contaminada puede dañarse y crear plagas, su rendimiento disminuye y en consecuencia afecta a la economía de la comunidad. Con el fin de reducir los problemas enunciados surgió la necesidad de proponer el Manual de Buenas Prácticas Agrícolas –BPA- como una herramienta para la enseñanza de los procesos agrícolas correctos y se realizaron análisis físicos y químicos para clasificar la calidad de la piña de la comunidad según normas del CODEX STAN 182-1993. Los resultados obtenidos se podrán utilizar para compararlos con estudios posteriores a la implementación de las BPA y del sistema de riego propuesto.

Los habitantes realizan las técnicas de lavandería y aseo personal en las fuentes de agua, por lo que el agua de desecho es vertida directamente al río, es decir, sin previo tratamiento. Tal acción conlleva el derrame de contaminantes como fosfatos, sulfatos, nitratos y nitritos, principales componentes químicos de jabones y detergentes utilizados. Las altas concentraciones de estos compuestos provocan que el agua sea considerada como “no apta” para el consumo humano, según la norma COGUANOR NTG 29 001. Además, el fosfato es un causante de la eutrofización de las fuentes de agua (FAO & UE, 2011).

A partir de un censo realizado se determinó que la prevalencia de diarrea, en el departamento de Izabal, es de 21% (PNUD, 2011). Este porcentaje es preocupante, ya que la incidencia sobrepasa el porcentaje de toda la República (20%), lo cual crea una alerta

institucional que induce a la búsqueda de alternativas accesibles y ecológicas que puedan ayudar a los pobladores de dicha comunidad.

La municipalidad de Morales, Izabal tiene la disposición de invertir en una planta de pre tratamiento de agua. El principal problema evidenciado es el bombeo de agua desde las fuentes, ya que éstas se localizan cuesta debajo de la lubicación de las viviencas. En otras palabras, requiere de una inversión monetaria elevada y un tiempo de trámites financieros de tres a cinco años aproximadamente.

Entonces, la solución inmediata es el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas, que permita no sólo abastecer la cantidad de agua que por día requieren los hogares, sino también el agua para el riego de sus plantaciones y la demanda de agua en época seca (principalmente abril y mayo). Más aún, el agua captada por el sistema deberá cumplir con los requerimientos de las normas COGUANOR NTG 29 001 AGUA POTABLE.

Puesto que el principal problema es la ingesta de agua contaminada, se diseñó un filtro para potabilizar el agua sucia que los pobladores acarrean del río; así como para los sistemas de captación de agua pluvial. El biofiltro es sencillo, sin embargo, previo a su uso la comunidad será capacitada para su uso, mantenimiento y sostenibilidad adecuados. Tales acciones son fundamentales para el funcionamiento y durabilidad de cualquier sistema, además, son importantes para evitar que la deficiencia en estos puntos lleve a la población a acceder nuevamente al agua de mala calidad.

Por otra parte, cabe recordar que las casas de esta comunidad están espaciadas y disponen del área suficiente para la implementación del diseño propuesto para la captación pluvial. La casa modelo utiliza como material de construcción, la madera popular del caserío San Agustín, se caracteriza por su bajo costo, y porque es una fuente de captación y abastecimiento de agua a través de la cubierta de los techos, y de la canalización a reservorios.

Sabiendo que en la comunidad la mayoría de las viviendas carecen de un sistema estructural seguro y que se cuenta con tan solo 35 casas con medidas de 10x6 m en promedio, el diseño proporciona un sistema de ventilación natural para mantener las casas frescas por medio de un techo de gran altura (4.60 m) y un capote en la cumbrera del techo con dos aberturas a los costados, para que circule el aire caliente en la parte alta del techo y el aire frío se mantenga abajo.

Por ser Guatemala un país sísmicamente activo y expuesto a eventos climatológicos, como los huracanes y tormentas tropicales, la madera es el material ideal para las casas modelo que se proponen, por su bajo peso y su alta relación resistencia/densidad. Además, el diseño estructural del sistema de resistencia lateral les permite soportar sismos y vientos huracanados, siendo esta una gran ventaja en pro de la seguridad ante los fenómenos naturales que los pobladores pudieran enfrentar.

El sistema de captación pluvial mencionado, es una alternativa de diseño a nivel domiciliario. Sin embargo, debido a la necesidad de agua en época de sequía se pensó en el diseño de un sistema de abastecimiento comunal, que permite no sólo almacenar el agua captada para los días de sequía, sino tratar el agua sucia llevada de la quebrada.

Ambas alternativas están diseñadas con un enfoque de sostenibilidad ambiental y tendrán un costo menor que los modelos de plantas de tratamiento de agua tradicionales. Por tal motivo, se espera que sea más accesible para las comunidades de escasos recursos y que la implementación en la comunidad “San Agustín”, sirva como un modelo de planta que pueda replicarse en las comunidades vecinas y en cualquier lugar donde se presente la misma problemática.

IV. MARCO TEÓRICO

A. EL AGUA Y SUS PROPIEDADES

El agua es considerada fuente de vida para los seres vivos, debido a que constituye el 70% o más del peso de la mayor parte del organismo y sus propiedades hacen que sea una sustancia indispensable para la vida; por lo que existen procesos y estructuras biológicas que se comprenden a partir de las propiedades físicas y químicas del agua (Voet y Voet, 2006).

El agua es la sustancia más abundante en los sistemas vivos, una de las teorías del origen de la vida, describe que la misma se derivó de sistemas acuosos, por ello su importancia en nuestras vidas. El agua es conocida estructuralmente como H_2O, es un líquido inodoro, incoloro y transparente; es una sustancia que puede encontrarse en los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) su punto de solidificación es de 0°C, de ebullición es de 100°C y calor de vaporización de 2.260 J/g, que constituyen los valores más elevados que el resto de disolventes comunes (Nelson *et al*., 2009).

B. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE

La calidad del agua se asocia al uso que se le da para consumo humano sin causar daño alguno a las personas; por lo que los factores que la determinan son microbiológicos, químicos y físicos (OMS, 2008). Para cumplir con estos parámetros de calidad y que pueda ser utilizada para el consumo humano, casi siempre se emplea el método de potabilización de agua, el cual consiste en la eliminación de compuestos volátiles, precipitación de impurezas y desinfección de la misma (Romero, 2008).

La calidad del agua potable se puede controlar por medio de la protección de las fuentes de agua, el control de operaciones del tratamiento y de la gestión de la distribución y manipulación del agua (OMS, 2008). Sin embargo, este control va a depender del uso que se le dé, ya que los requisitos de calidad para que sea agua potable dependerá de esto (Orellana, 2005).

C. FERTILIZANTE TRIPLE 15

El fertilizante triple 15 es utilizado en las plantaciones de piña, del Caserío Cumbre de San Agustín, y puede aplicarse a cualquier tipo de cultivo. Su fin es aportar los macronutrientes más importantes para los cultivos (15% de nitrógeno, 15% de fósforo y 15% de potasio). (Orellana, 2005).

D. MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Existen diversos métodos que permiten determinar la calidad del agua, por lo que a continuación se nombrarán los más utilizados y sus respectivas modalidades o tipos.

1. Métodos microbiológicos

   a. Método convencional (Uso de medios de cultivo). Es un método microbiológico utilizado para estimar densidades de poblaciones bacterianas en diferentes muestras de agua, suelo, y otras. En donde se utilizan medios de cultivos óptimos para favorecer el crecimiento de los microorganismos. Se basa en la técnica del Número Más Probable (NMP), en la cual se realizan análisis de diluciones consecutivas y replicadas, con el fin de estimar el recuento. Es de los métodos más antiguos, pero tan eficientes que se sigue utilizando (Cochran, 1950).

   b. Petrifilm™. Es un método microbiológico, de uso rápido, que facilita el conteo de colonias.Este método se basa en un medio que contiene nutrientes, agentes de gelificación en frío, solubles en agua, y colorantes usados como indicadores, por lo que se ahorra la preparación del medio y solo es necesario agregar las diluciones preparadas. Es un método fácil y rápido, y es distribuido por 3M® (3M®, 2000)

   c. Filtración por membrana. Este método se basa en un sistema de filtración, en donde se debe elegir el número de poro de la membrana de filtro, dependiendo de la muestra que se va a analizar. El filtro con la muestra es colocado sobre el medio de cultivo para favorecer el crecimiento de los microorganismos. Un beneficio de este método es la rapidez para determinar los patógenos en la muestra (Raju y Brisca, 2012)

   d. Espectroscopia de fluorescencia de excitación-emisión. Esta técnica se basa en los principios de espectroscopía, con el fin de determinar un perfil total de la muestra en donde se obtengan las longitudes de onda de excitación y emisión para la caracterización de la materia orgánica presente en la muestra y la determinación de contaminantes en el agua potable (Markechová et al., 2013)

e. Ensayo Inmunoabsorbente Ligado a Enzima (ELISA, por sus siglas en inglés). Esta técnica inmunológica se utiliza para medir concentraciones de atrazina en agua potable cruda y para el control de procesos como la dosificación de carbón activado durante la purificación del agua, en la detección de patógenos como amebas, entre otras aplicaciones (Jiang et al., 2006)

f. Citometría de flujo: Esta técnica se basa en la detección rápida de las células microbianas en una muestra. Tiene la capacidad de medir célula por célula que contenga la muestra, por lo que es una técnica aplicable en el análisis de agua para el control microbiológico (Hammes y Egli, 2010).

2. Métodos químicos

a. Colorimetría-espectrofotometría. Esta técnica analítica se basa en la medida de la absorción de radiación en la zona que llega a ser visible por las sustancias coloreadas. En el caso de las muestras de agua no poseen color, por lo que es necesario combinar la muestra con el reactivo adecuado al compuesto químico que se quiera medir para que den lugar a la coloración de la muestra y poder analizarla por medio de esta técnica. En la espectrofotometría se desea determinar la absorbancia de la muestra (Sacca, 2011).

b. Cromatografía de Gases (CG). Esta técnica analítica se basa en la separación de los componentes de una muestra a través de una columna que contiene la fase estacionaria y el gas inerte como fase móvil. Esta técnica se utiliza principalmente para la separación de compuestos químicos que pueda contener el agua (Gruzdev et al., 2011).

c. Espectroscopía de absorción atómica. Es un método de análisis instrumental que permite determinar las concentraciones de un compuesto específico que se pueda encontrar en una muestra que contenga varios compuestos (Gruzdev *et al*., 2011).

d. Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Técnica analítica cuya variación con la CG es el uso de un disolvente como fase móvil. De allí su nombre de cromatografía líquida, es una técnica muy empleada en el análisis químico de agua (Hernández y Beltrán, 1995).

E. IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA A NIVEL MUNDIAL

Hoy en día los niveles de contaminación del agua son muy altos, por la falta de tratamiento de este recurso, y se contaminan las fuentes naturales de agua con vertederos de las ciudades e industrias. Sin embargo, el acceso al agua potable es un problema que se tiene desde la antigüedad, por lo que a lo largo de los años sigue siendo un tema de importancia mundial (Romero, 2008). La contaminación del agua es un tema preocupante para todos, ya que afecta la salud de las personas, especialmente a niños, también afecta el desarrollo económico y social de la población mundial (UNICEF, sf.).

A nivel mundial 900 millones de personas dependen del suministro de agua potable no mejorada (sin control del tratamiento al agua) y 2.5 mil millones de personas no tienen acceso a instalaciones mejoradas (sin tratamiento) (Nagata *et al*., 2011). Se conoce que 1,1 mil millones de personas están expuestas al agua insegura en lo que se refiere al aspecto microbiológico (Luby *et al*., 2008). Para darse una idea de la gravedad del tema respecto al saneamiento del agua, se conoce que el 45% de la población mundial no tiene acceso a servicios de agua potable. En algunos países la distribución de agua es escasa, por lo que a futuro muchos profesionales temen que pueda originar conflictos entre países. Este es el porqué de la preocupación en el tema de recursos hídricos a nivel mundial (Romero, 2008).

F. IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA EN GUATEMALA

En Guatemala el abastecimiento de agua potable se da en un 70% para las área urbanas y 90% para el área rural. De las 329 municipalidades que existen en todo el país, el 66% utiliza sistemas de distribución por gravedad, 19% por bombeo y 15% emplea sistemas mixtos (Romero, 2008). En relación al saneamiento básico del agua en Guatemala la cobertura es del 72% en el área urbana y 52% en el área rural. Lo más preocupante es que sólo el 4% de las municipalidades tiene un tratamiento de aguas residuales, el resto las vierte en las fuentes de agua como ríos (UNICEF, sf.).

El acceso al agua potable ha mejorado; entre 1990 y 2002 se dio un aumento de 77 a 95%. Sin embargo, a pesar de estas mejoras, los problemas de enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua siguen siendo evidentes (Nagata *et al*., 2011). En el Cuadro 1 se puede observar que a nivel nacional el departamento de Izabal ocupa el primer lugar en morbilidad por enfermedades gastrointestinales, relacionadas a la mala calidad del agua.

Cuadro 1. Departamentos de Guatemala con mayor incidencia de enfermedades gastrointestinales a causa de la mala calidad del agua con algunas modificaciones

Orden	Departamento	% de incidencia
1.	Izabal	33
2.	San Marcos	21
3.	Alta Verapaz	21
4.	Retalhuleu	19
5.	Jutiapa	15
6.	Chiquimula	15
7.	Huehuetenango	15
8.	Quetzaltenango	14
9.	Sololá	12
10.	Zacapa	12
	Nivel Nacional	12

Fuente: Segeplan, 2006

Actualmente en Guatemala existe la normativa COGUANOR, la cual se utiliza como normativa estándar para el cumplimiento de la potabilización del agua. Relacionadas con la calidad del agua se encuentran otras normativas como la COGUANOR NTG/ISO 5667-4, la cual trata sobre las directrices para el muestreo de agua de lagos, naturales y artificiales; la normativa NTG 29001 la cual trata sobre el agua para consumo humano (Especificaciones); la normativa NTG29006 trata sobre la recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras de agua para consumo humano; la normativa NTG 29013 que se basa en la determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos y por último la normativa NTG 29014 que trata sobre la determinación de constituyentes orgánicos. Estas están vigentes en Guatemala, sin embargo ninguna entidad es responsable de hacer un control o seguimiento a la calidad del agua a nivel nacional, lo cual puede ser un factor determinante en esta problemática (COGUANOR, Sf.).

G. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD

Las enfermedades más comunes relacionadas a la mala calidad del agua, a nivel mundial son: diarrea, envenenamiento con arsénico, cólera, parásitos intestinales, dracunculiasis, paludismo, esquistosomiasis, tracoma y fiebre tifoidea (Montgomery, 2007).

1. Diarrea. Consiste en una descarga frecuente de heces acuosas; después de la neumonía, la diarrea es la segunda causa de muerte en niños menores de 5 años. Es la causa más frecuente de enfermedades a causa de la mala calidad del agua (Brown et al., 2013).

2. Cólera. Es Es una enfermedad aguda y preocupante, debido a su alta patogenicidad. patogenicidad. Consiste en una enfermedad diarréica, causada por la infección con la bacteria Vibrio cholerae y la epidemia de esta enfermedad está relacionada a contaminación del agua (Lenntech, sf)

3. Dracunculiasis. Enfermedad infecciosa parasitaria causada por Dracunculus medinensis, produce generalmente una verruga en la pierna, con picor, fiebre, hinchazón y quemazón; sin embargo, estos síntomas se presentan un año después de ser infectada la persona (Lenntech, sf)

4. Esquistosomiasis. Enfermedad parasitaria causada por gusanos trematodos del género esquistosoma, puede afectar los pulmones y el torrente sanguíneo (Lenntech, sf)

5. Tracoma. Enfermedad infecciosa causada por la bacteria Chlamydia trachomatis, afecta principalmente al ojo, provoca perturbación de la visión y ceguera parcial o total (Lenntech, sf)

6. Fiebre tifoidea. Es una enfermedad infecciosa causada por Salmonella typhi o Salmonella paratyphi. Provoca síntomas como fiebres altas, granos de color rosado y diarrea, el agua es una fuente de contagio muy importante de esta bacteria, ya que en el pasado la primera epidemia se originó por una fuente de agua contaminada (Lenntech, sf)

H. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD Y SU RELACIÓN CON ASPECTOS SOCIOCULTURALES:

La mayoría de comunidades tiene acceso al agua, sin embargo, este vital líquido carece de la calidad necesaria para el consumo humano. Para obtener el recurso hídrico, en el área rural, es necesario que los pobladores tengan que caminar largas distancias para poder llegar hasta las fuentes naturales. Generalmente, este trabajo corresponde a las amas de casa y niños, lo cual trae consigo un gran impacto, incluso repercute en el alto índice de deserción escolar. Además, esta labor puede producir lesiones y retrasar el crecimiento normal, lo cual afecta al desarrollo corporal. Ante esta situación, se han desarrollado diversos métodos para el tratamiento de agua potable en los hogares que, entre otros beneficios, mejoran la calidad del agua y repercuten en la disminución de las enfermedades diarreicas de la familia. Sus técnicas se basan en la ebullición, filtración o desinfección del agua con cloro. (Brown *et al*., 2013).

La escasez y la contaminación por microbios o químicos son los principales problemas relacionados al agua que enfrentan los pobladores de las áreas rurales y urbanas de los países (Prachi *et al*., 2008); por lo que el tratamiento del agua en los hogares es una alternativa que urge incorporar, especialmente en las comunidades rurales. Sin embargo, algunos factores socio-culturales y las creencias de los pobladores pueden impedir la implementación de metodologías para la potabilización por medio del uso de cloro o ebullición del agua. En la mayoría de casos los pobladores evitan estas alternativas porque se tiene la creencia que clorar o ebullir el agua altera la naturaleza de la misma y aunque beneficien su salud no los emlpean (Nagata *et al*., 2011). En la mayoría de casos la cloración es rechazada por los pobladores de la comunidad por la alteración al sabor del agua (Luby *et al*., 2008). Al enfrentarse con estos problemas socio-culturales en los que la desinfección no es factible, la mejor alternativa para mejorar la calidad del agua es proteger las fuentes de abastecimiento (Kravitz *et al*., 1999).

I. FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA

Para que el agua sea considerada de calidad, es indispensable que cumpla con requisitos relacionados a sus características físicas, químicas y microbiológicas; se conoce que los recursos hídricos están mayormente contaminados por microorganismos y elementos físico-químicos, por lo que es indispensable tratarla para eliminarlos antes de ser consumida por la población (Orellana, 2005).

1. Características físicas del agua. Las características físicas del agua son sumamente importantes, y pueden ser determinadas por medio de los sentidos, sin necesidad de mayores técnicas de análisis (OPS, 1987). Los factores físicos pueden llegar a alterar su sabor, olor, color y turbidez (Orellana, 2005). En Guatemala para que el agua sea considerada potable deben tomarse en cuentan los valores que se presentan en el Cuadro 2

Cuadro 2. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano según la Normativa COGUANOR NTG 29001.

Características	Límite Máximo Aceptable (LMA)	Límite Máximo Permisible (LMP)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT [(b)]
Conductividad eléctrica	750 μS/cm	1500 μS/cm [(d)]
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 [(c) (d)]
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

Fuente: Elaboración propia

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto

(b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

(c) En unidades de pH

(d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

2. Características químicas del agua. La contaminación química del agua es un factor muy importante a considerar, debido a que los químicos pueden ser tóxicos para los humanos y animales. En algunos casos, los químicos ocasionan mutaciones y/o, enfermedades congénitas, entre otras. Este tipo de contaminación puede ser generada por actividades industriales o actividades agrícolas (Orellana, 2005). De acuerdo a la composición química del agua se deben tomar en cuenta los parámetros que establecen las normas COGUANOR que se describen en el siguiente Cuadro 3:

Cuadro 3. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano según la Normativa COGUANOR NTG 29001.

Características	Límite Máximo Aceptable (LMA) (mg/l)	Límite Máximo Permisible (LMP) (mg/l)
Cloro residual libre[(a)]	0,5	1,0
Cloruro (Cl^-)	100,0	250,0
Dureza Total ($CaCO_3$)	100,0	500,0
Sulfato ($S0_4^{--}$)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Nitrato (NO_3^-)	75,0	-----
Nitritos (NO_2^-)	3,0	-----
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) [(b)]	0,3	-----

FUENTE: COGUANOR NTG 29001.1999

3. Características microbiológicas del agua. En el agua hay diversidad de organismos contaminantes que se pueden encontrar, pero la principal fuente de contaminación y de enfermedades en humanos son las bacterias (Orellana, 2005). La fuente de microorganismos en el agua puede ser natural o por contaminación por los vertidos cloacales o industriales. Para tener agua apta para el consumo humano se requiere que esté libre de microorganismos patógenos, los cuales están íntimamente relacionados a la contaminación fecal, Escherichia coli, Salmonella, Shigela, Vibrio cholerae, Yersinia enterocolitica y Campylobacter fetus (OPS, 1987).

Los valores aceptables para Guatemala se describen en el Cuadro 4, los cuales son establecidos por la norma de calidad de aguas guatemalteca (COGUANOR)

Cuadro 4. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua según la Normativa COGUANOR NTG 29001.

Microorganismos	Límite Máximo Permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y E. coli	No deben ser detectables en 100 ml de agua

Fuente: COGUANOR NTG 29001.1999

J. REQUERIMIENTOS LEGALES RESPECTO AL AGUA EN GUATEMALA

El recurso del agua es uno de los más limitados en el país, debido a una mala administración del mismo, y a la falta de ordenamiento territorial, lo que provoca un crecimiento sociocultural descontrolado. Por ello dentro del territorio guatemalteco se ha hecho necesario crear artículos legales que regulen y dicten el aprovechamiento justo y racional del mismo, dentro de los que se pueden señalar (Ley de Guatemala):

1. Acuerdo Ministerial 278-2004, propuesto por MSPAS. El cual da creación al “Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de Agua para Consumo Humano”.

2. Acuerdo Gubernativo 113-2009; "Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano" mismo que está compuesto por cinco capítulos y veintiséis artículos que abarcan, desde las normas sanitarias con que deben contar las aguas para consumo humano.

3. Acuerdo Gubernativo 178-2009; “Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento” propuesto por el MSPAS. Establece criterios técnicos y administrativos para el proceso de certificación de la calidad del agua para consumo humano, en proyectos de abastecimiento de este recurso.

4. Acuerdo Ministerial 1148-09; “Manual de Normas Sanitarias que Establecen los Procesos y Métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano”. Mismo que tiene como objeto, crear el manual que desarrollará los procesos y métodos de purificación de

agua para consumo humano, necesarios para que ésta sea suministrada, en sistemas de abastecimiento, en calidad de potable.

5. Acuerdo Ministerial 572-2011, que resalta la necesidad de establecer normas sanitarias que brinden una guía técnica de aplicación general, para la etapa de diseño de los sistemas de abastecimiento de agua, para consumo humano.

6. Acuerdo Ministerial 523-2013. “Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.

K. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

Este coeficiente hace referencia a la que existe entre dos variables, por lo que va a medir el grado de covariación entre distintas variables que se relacionan linealmente. Este coeficiente oscila entre -1 y +1. Se conoce que la correlación entre dos variables es perfecta positiva, cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra. Por lo que va a permitir correlacionar las dos variables (García, 2006).

L. AGRICULTURA

La agricultura es el conjunto de técnicas y conocimientos empleados para cultivar la tierra, dentro de los cuales se pueden mencionar el tratamiento de suelos y cultivo de frutas y vegetales. La agricultura trata de comprender cómo las prácticas adecuadas transforman el medio ambiente natural, en un ambiente apto para el crecimiento de las siembras. La tierra posee distintas cantidades de nutrientes alrededor del mundo, permitiendo así la explotación de distintos recursos y la siembra de una gran variedad de alimentos como: cereales, frutas, hortalizas y legumbres.

La agricultura es una actividad fundamental para el desarrollo y crecimiento económico de las naciones. (Raeburn, 1987). Requiere de la aplicación de algunos métodos para el mejor cuidado de los suelos y el aprovechamiento de la zona para cultivar, para ello los agricultores emplean abono orgánico o verde, fertilizantes y cal. Y como Guatemala es una región montañosa, los agricultores que tienen plantaciones en terrenos inclinados emplean el trazado de curvas a nivel para el mejor cuidado del medio ambiente, obtienen así mayores beneficios para el cultivo.

1. Abono verde. El abono verde es un cultivo que se siembra para que después se entierre en el suelo, ya sea verde o maduro. El uso de abonos verdes ha sido una solución utilizada en departamentos como El Quiché, debido a sus suelos pesados y pobres en materia

orgánica. Un suelo pesado es barroso y difícil de tratar. Para mejorarlo y aumentar su contenido de materia orgánica, se usan los abonos verdes y el estiércol.

Las leguminosas han sido muy utilizadas como abono verde. Estas se pueden sembrar bajo el cultivo en el momento adecuado, el cual depende del cultivo; y al realizar la cosecha, los residuos del cultivo y la leguminosa se mezclan con la tierra. La leguminosa y los restos del cultivo se pudren y forman materia orgánica para el suelo (INTECAP, 1979)

2. Encalado. Uno de los principales problemas en la conservación de los suelos para agricultura es la edificación de éstos. En un suelo ácido las plantas no pueden vivir bien, producen buenas cosechas y, si no se controla la acidez del suelo, esta puede empeorar las siguientes generaciones de cultivo. Estos ácidos provienen del uso inadecuado de fertilizantes. Para componer un suelo ácido, se suele utilizar la cal (hidróxido de calcio). Esta técnica es conocida como el encalado de suelos. El encalado ayuda a que las plantas puedan tomar mejor el alimento y permite que los microorganismos del suelo, la materia orgánica y la humedad estén en mayor cantidad (INTECAP, 1979).

El encalado de suelos puede hacerse con cal viva, cal apagada o hidratada y cal dolomítica. La cal debe distribuirse uniformemente sobre el suelo si se aplica en forma de polvo. El encalado debe realizarse antes de arar el terreno ya que esto permitirá que la cal quede mezclada con el suelo. Es necesario considerar que e este proceso se debe realizar con el equipo e indumentaria apropiados, para reducir las probabilidades de alguna enfermedad o intoxicación (INTECAP, 1979).

3. Curvas a nivel. El suelo puede destruirse por varias causas que pueden ser el agua, aire, fuego y hombre. Existen varias formas para cuidar los suelos denominadas métodos de conservación de suelos. Cuando el suelo se encuentra sin protección y llueve, se forman corrientes de agua que arrastran y desgastan el suelo superficial. Este desgaste se conoce como erosión hídrica.

En terrenos inclinados no se debe sembrar en la dirección en que el agua corre ya que puede causar un mayor desgaste en el suelo. Para evitar que el suelo se pierda se debe sembrar en curvas a nivel. Cuando se siembra en curvas a nivel se logra detener el agua entre los ruscos y se mantiene la humedad del suelo por bastante tiempo.

Luego de realizar un procedimiento para el trazo adecuado de las curvas a nivel, se debe picar y desmenuzar el terreno para prepararlo para la siembra. Las curvas a nivel protegen al

suelo contra la erosión que se conduce en las épocas de invierno. También se protege el suelo contra la erosión que produce el viento.

Las plantaciones deben realizarse en la dirección de las curvas, iniciando la siembra desde la parte más alta hasta la parte más baja (ver Figura 1). La forma en que se hace la siembra depende del cultivo que se va a sembrar (INTECAP, 1979)

Figura 1. Curvas a nivel aplicadas en un terreno inclinado.

Fuente: INTECAP, 1979

M. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son el modo adecuado de realizar las actividades agrícolas, de tal forma que el agricultor obtenga al final un producto de alta calidad para consumo humano y un reconocimiento en el mercado como un proveedor de confianza. Los productores que desconocen las BPA se encuentran en una gran desventaja competitiva en el mercado.

Según la FAO las Buenas Prácticas Agrícolas y las Buenas Prácticas de Manufactura son: “Un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción,

procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a cuidar la salud humana, proteger al medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia" (FAO, 2007).

Según la FAO (2007) entre las ventajas de las Buenas Prácticas Agrícolas pueden citarse:

1. Productos sanos y de calidad para mejorar la nutrición y alimentación de su familia.
2. Trabajadores saludables.
3. Niños que van a la escuela en vez de trabajar.
4. Sostenibilidad y acceso a nuevos mercados.
5. Alta calidad de los productos.
6. Aumento de rendimiento.
7. Bienestar animal.
8. Control de la producción.
9. Más ingresos.
10. Mejores precios por calidad.
11. Menores costos.

Es necesario conocer la historia y condiciones del lugar donde se implementarán las BPA. De esta forma, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos, al momento de realizar una evaluación de BPA:

1. Alrededores del cultivo. Evaluar las características del entorno de un terreno es importante al momento de planificar la producción. La evaluación puede indicar la necesidad de infraestructura e incluso si el área no es apropiada para la producción de alimentos por riesgos de contaminación, provocados por el entorno. Según la Agexpront (2004) debe evaluar:
    a. Vía de acceso.
    b. Actividades de las vecindades.
    c. Drenajes de agua pluvial o aguas negras.
    d. Cultivos vecinos.
    e. Existen basureros cercanos al cultivo (20m).
    f. Vecinos a un nivel más alto de la parcela en la pendiente.

2. Dentro del cultivo. Una actividad ineludible es la descripción de las características mínimas e infraestructura para la producción agrícola que debe tener un terreno, en el área donde se cultivan frutas o vegetales, de acuerdo a las BPA. Es importante recordar que el área donde se encuentra creciendo el cultivo es un sector de producción de alimentos. Es por esta razón que deben tomarse las acciones necesarias para mantener la zona apta para la salubridad

y la seguridad del alimento. A continuación se presentan algunos puntos importantes a tomar en cuenta según la Agexpront (2004).

a. Aislamiento de la zona de cultivo.
b. Facilidades sanitarias.
c. Presencia de animales domésticos.
d. Presencia de animales silvestres.
e. Consumo de alimentos.
f. Acceso al área de cultivo.
g. Limpieza del cultivo.

3. Agua de riego, fumigación y proceso. Es necesario presentar un marco general de referencia sobre la administración, uso y control del agua en la Unidad de Producción Agrícola. Así como los puntos críticos del agua que se deben considerar como mínimo en la administración de las BPA, para garantizar la inocuidad del producto final. De acuerdo a la Agexpront (2004) es indispensable tomar los siguientes puntos:

a. Fuentes de agua
b. Riego
c. Fumigación
d. Limpieza de equipo, herramientas, instalaciones y del producto
e. Higiene personal (Lavamanos, inodoros, duchas)
f. Control microbiológico
g. Acciones correctivas
h. Acciones preventivas

4. Manejo de desechos orgánicos. Es importante determinar los elementos que se conocen como desechos orgánicos, su relación con la producción agrícola y la forma de administrar su manejo dentro de la Unidad de Producción. El manejo incorrecto de los desechos orgánicos puede ser causa de contaminación de los alimentos, de enfermedad en la Unidad de Producción, o de los consumidores de sus productos. En este caso la Agexpront (2004) recomienda:

a. Uso de abonos orgánicos.
b. Documentación de procesos.
c. Proceso de preparación y tratamiento.

5. Salud e higiene del personal. La evaluación de los conceptos necesarios para la correcta administración y control de la salud del personal, de la unidad de producción, y la aplicación correcta de prácticas de higiene personal es de vital importancia. La salud y las prácticas de higiene personal son un elemento básico de conocer y aplicar en la producción de alimentos sanos. La Agexpront (2004) recomienda evaluar:

a. Plan de capacitación
b. Buenas Prácticas de Manufactura
c. Facilidades sanitarias

6. Instalaciones. Es necesario establecer cuáles son las estructuras físicas que se necesitan para la aplicación de las BPA y sus características mínimas de diseño y administración. Toda producción comercial necesita de un nivel mínimo de infraestructura para administrar sus procesos de producción y esta infraestructura requiere de administración para darle mantenimiento, limpieza y mantener el orden y seguridad durante el proceso. Por tal razón, la Agexpront (2004) propone evaluar:

a. Almacenamiento
b. Sanitarios y lavamanos
c. Centro de acopio
d. Basureros y aboneras
e. Comedor
f. Vestidores

7. Uso de sustancias químicas. Es importante promover las prácticas para cumplir con los requisitos mínimos en el uso de productos químicos en la producción agrícola tradicional de forma responsable, para evitar la contaminación por uso de químicos no permitidos o sobre tolerancia establecidos por las autoridades. Para ello, la Agexpront (2004) sugiere tomar en cuenta los siguientes puntos:

a. Conocimiento de los plaguicidas.
b. Capacitación del uso de plaguicidas.
c. Instrucciones de aplicación de la etiqueta.
d. Lugar para realizar la mezcla de plaguicidas.
e. Disposición de envases de plaguicida.
f. Consumo de plaguicidas.
g. Almacenamiento de plaguicidas.

h. Lavado del equipo.
i. Uso de la indumentaria recomendada.
j. Plan de manejo de plagas.
k. Asesoría en manejo de plagas.

8. Materia extraña. Se debe evaluar el peligro que la materia extraña representa, las posibles causas de su presencia en el producto y las acciones que pueden tomarse para evitarla. La materia extraña es una forma de contaminación del producto que consiste en la presencia de materiales indeseables que se pueden ver o sentir; están mezclados con el producto y pueden provocar daño al consumidor. Algunos efectos directos de la materia extraña pueden ser heridas en la boca, heridas de tracto digestivo o intoxicación. Para esto la Agexpront (2004) propone evaluar:

a. Puntos críticos de control en producción.
b. Inspección del producto antes de entregarlo.

9. Manejo del producto durante la cosecha. Es indispensable presentar las condiciones mínimas que deben darse en el campo al momento de la cosecha. Esto incluye su manipulación, infraestructura y equipo de cosecha para garantizar un manejo libre de riesgos de contaminación para el producto. La cosecha es un punto clave en la inocuidad de los productos agrícolas, en este punto se dan muchas condiciones según las cuales el producto puede mantener un nivel de inocuidad apropiado o puede contaminarse debido a la falta de aplicación de prácticas correctas de manejo. la Agexpront (2004) expresa que es necesario evaluar la presencia de:

a. Desinfección.
b. Mantenimiento de la limpieza de los equipos.
c. Higiene.
d. Uso de indumentaria apropiada.
e. Supervisión del personal.

10. Transporte. Presentar los puntos importantes a tomar en consideración para el control del transporte, al momento de efectuar actividades de traslado de producto en el campo o del centro de acopio hacia las instalaciones del comprador. Conocer las medidas necesarias para evitar la contaminación del producto en esta etapa del cultivo. Para esto la Agexpront (2004) sugiere evaluar:

a. Preparación de recipientes.
b. Transporte al campo.
c. Descarga de recipientes en el campo.
d. Llenado de recipientes.
e. Viaje al centro de acopio.
f. Vaciado de los recipientes.

11. Rastreo. Es indispensable evaluar las condiciones de rastreo en la Unidad de Producción, de manera que brinde la información necesaria para el comprador y las autoridades. El rastreo es la capacidad de conocer el origen de un producto, o el destino que se le dio. Para realizar el rastreo de un producto es necesario tener un sistema de códigos y registros en cada una de las partes que componen la cadena de comercialización. Los registros deben indicar quién entregó el producto y a quién se le entregó. Los códigos son el medio de verificación física sobre el producto que permiten determinar su identidad, es decir, si son el producto registrado o se trata de otro. De ahí la necesidad de evaluar la trazabilidad (Agexpront, 2004).

12. Registros. Finalmente, se requiere presentar las condiciones mínimas para el diseño de registros en la Unidad de Producción y los puntos mínimos necesarios a registrar. Al respecto la Agexpront (2004) propone evaluar:

a. Mantenimiento de registros.
b. Datos de registros.
c. Claridad de los registros.
d. Acceso a los registros.
e. Numeración.

N. PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

El programa de Buenas Prácticas Agrícolas es para que los productores de frutas, hortalizas, granos y demás, establezcan y apliquen las BPA´s en los procesos de producción en campo. Se desarrollar de último ya que primero es necesario conocer con mayor detalle las actividades de los otros programas, para luego decidir cuándo se harán las actividades de control y capacitación de BPA. Con el programa general, se puede proceder a hacer un análisis detallado de cada actividad, tomando en cuenta los insumos, herramientas, momentos de realización, personas que lo ejecutan y persona responsable de la actividad. Se puede utilizar un formato como el que se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Descripción de un método para el análisis detallado de actividades agrícolas.

Actividad	Insumos	Herramientas	Tiempo/ momento	Persona que ejecuta	Persona responsable
Describir las acciones realizadas bajo el nombre de una actividad. Es importante describir con la mayor cantidad de detalle la forma en que se realiza la acción.	Describir los insumos que se utilizan (con el mayor detalle posible).	Enumerar las herramientas, máquinas y otros objetos que se utilizan para realizar la actividad e indicar para qué se utilizan. Si se le hace algún tratamiento como limpieza o desinfección es apropiado incluirlo.	Describir el tiempo que toma realizar la actividad, el momento dentro del proceso y cuando debe realizarse.	Nombrar una o más personas para cada actividad. Describir la acción que realiza cada persona. Mencionar si han recibido capacitación.	La persona responsable puede ser la misma que realiza la actividad. El responsable es aquel que tiene la autoridad para decidir si se realiza la actividad o no y para disponer la forma adecuada del uso de recursos.

Fuente: (Agexpront, 2004)

Según (Agexpront, 2004) las BPA se pueden dividir en cuatro subprogramas de trabajo que son:

1. Programa de capacitación de personal.
2. Programa de control microbiológico.
3. Programa de limpieza y sanitización de la infraestructura de producción, transporte y producto.
4. Sistema de trazabilidad del producto y recepción de reclamos.

O. TIPOS DE RIEGO

El acceso limitado a tierra cultivable, la presión demográfica, los escasos ingresos de la agricultura con el poco conocimiento de técnicas agrícolas y la falta de educación nutricional y sanitaria en las regiones rurales, son las principales causas de esta pobreza estructural. Para poder solucionar estos problemas se han utilizado sistemas de riego (MAGA, 2007).

El sistema de riego es un conjunto de estructuras las cuales hacen posible que una determinada área pueda ser regada en forma continua. Puede haber dos tipos de sistemas de riego: por aspersión y por goteo.

1. Riego por aspersión. Este sistema se basa en la conducción de agua a presión, por medio de tuberías que se ramifican a tuberías de riego que son portátiles, ligeras y de rápido acoplamiento. Para este sistema se debe tener en cuenta las características de los aspersores, ya que dependiendo del cultivo y de los requerimientos de agua se establecerá un flujo deseado que ayudará en la selección del tamaño de los aspersores (Sandoval, 1977).

Las principales partes que componen el sistema son: fuente de abastecimiento de agua, unidad de bombeo, tubería principal y subprincipal, tubería lateral, aspersores, accesorios.

El riego por aspersión utiliza tuberías y aspersores para hacer llegar el agua a las plantas. Los aspersores lanzan agua de tal manera que caerá encima de las plantas, humedeciendo un mayor radio y las partes altas de la vegetación.Con este sistema, se favorece un mejor aprovechamiento del agua por la planta. Es de fácil conducción; tiene una buena uniformidad de distribución; es adaptable a diferentes topografías y terrenos. El equipo es de fácil traslado (ABC Rural, 2012). Las desventajas del sistema de riego por aspersión son los golpes en el suelo, que ocasionan hoyos por una mala calibración. A la larga, hacen que la planta se tumbe y muera. Favorece la proliferación de las malezas. Tiene un alto costo en materiales y equipos a utilizar. (ABC Rural, 2012). En el Cuadro 6, pueden observarse otras ventajas y desventajas de este sistema.

Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la utilización del sistema de riego por aspersión.

Ventajas	Desventajas
1. Puede usarse en terrenos de topografía irregular. 2. Eficiencia alta de riego en relación a los sistemas de gravedad. 3. El riego puede programarse más fácilmente.	1. La inversión inicial del equipo es alta. 2. El viento afecta la distribución uniforme del agua. 3. Pérdida de agua por evaporación. 4. El agua cae sobre el follaje.

Fuente: SANDOVAL, 1977

2. Riego por goteo. Este sistema trabaja con la aplicación de agua a las plantas a través de goteos localizados en la tubería, y muy cerca de la zona radicular de los cultivos. La descarga de agua es de poca intensidad lo que hace que se forme un cono de humedad que se expande lateralmente en el suelo. Este sistema ayuda a mantener la tensión de humedad del suelo, lo cual permite que la planta tenga menos trabajo al extraer agua del suelo. (Sandoval, 1977). Sus ventajas y desventajas pueden visualizarse en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas de la utilización del sistema de riego por goteo.

Ventajas	Desventajas
1. Aumento de la eficiencia del agua 2. Solo se humedece un porcentaje del área total 3. No hay escurrimiento superficial 4. Se mantiene la humedad del suelo a tensiones bajas 5. El agua no toca el sistema foliar 6. Fertilización 7. El viento no afecta el diseño del sistema 8. Adaptabilidad a diversos terrenos 9. Costo de operación y mano de obra mínima	1. Alta inversión inicial. 2. Taponamiento de goteros.

Fuente: Sandoval, 1977

Los principales componentes del sistema son:

1) Fuente de abastecimiento de agua
2) Estructura de control
3) Filtro
4) Tanque fertilizador
5) Tubería Principal o secundaria
6) Laterales
7) Goteros
8) Accesorios

El riego por goteo utiliza mangueras con goteros que se colocan sobre el suelo y cercano a las raíces del cultivo. Este riego distribuye el agua de manera más específica, suministrando agua únicamente en un radio menor y específico. (ABC Rural, 2012).

En los últimos años se ha intensificado la utilización de este sistema en el cultivo de piña, debido a su mayor eficiencia y ahorro. Este sistema permite regar una mayor superficie con alta eficiencia, cuando el recurso de agua es escaso, y posibilita el riego de suelos con mayores pendientes (Lavin, 1984).

El riego por goteo es adaptable a todo tipo de topografía y ambientes, facilita el suministro de agua, permite la fertirrigación, requiere menor cantidad de mano de obra, reduce la necesidad de controlar las malezas. Tiene una eficiencia de 90 a 95 % en su utilización. Su desventaja es el alto costo, ya que necesita un buen sistema de filtrado (ABC Rural, 2012).

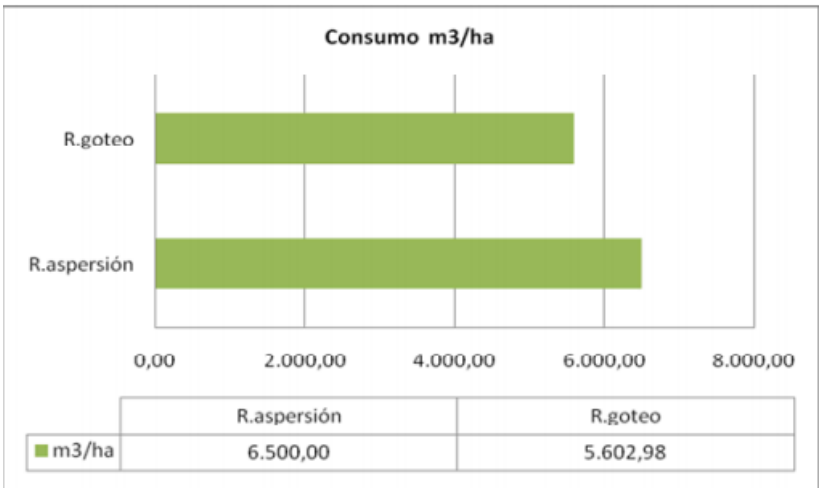
A continuación se mencionan algunos estudios donde se compara el riego por goteo y por aspersión, que justifican la elección del riego por goteo para San Agustín.

En el 2008 la empresa española valenciana Mondragón Soluciones realizó un estudio sobre 2,9 hectáreas que se dividió en dos partes, para poder comprobar los resultados de aplicar diferentes sistemas de riego. A la zona regada con el sistema de riego por goteo se le ha suministrado un 50% menos de agua. El resultado final fue que esta zona produjo 9.747 kg por hectárea, frente a los 11,800 kg por hectárea en el riego por aspersión. El balance en la producción es de 2,000 k a favor del riego por aspersión pero con la diferencia en el bombeo es también casi el doble, repercutiendo ambas en el costo económico del riego. El riego por goteo es un 20% más barato que el sistema de riego por aspersión (J.L.O., 2008).

En 2012, la Sociedad de Infraestructuras Rurales Aragonesas. S. A. (SIRASA) realizó un estudio del riego a goteo en el cultivo de maíz en una parcela de experimentación en Zaragoza, España. El objetivo fue evaluar el consumo de agua en la parcela de maíz con riego por goteo, su rendimiento y la eficiencia del riego, para luego compararla con otra parcela regada con riego por aspersión.

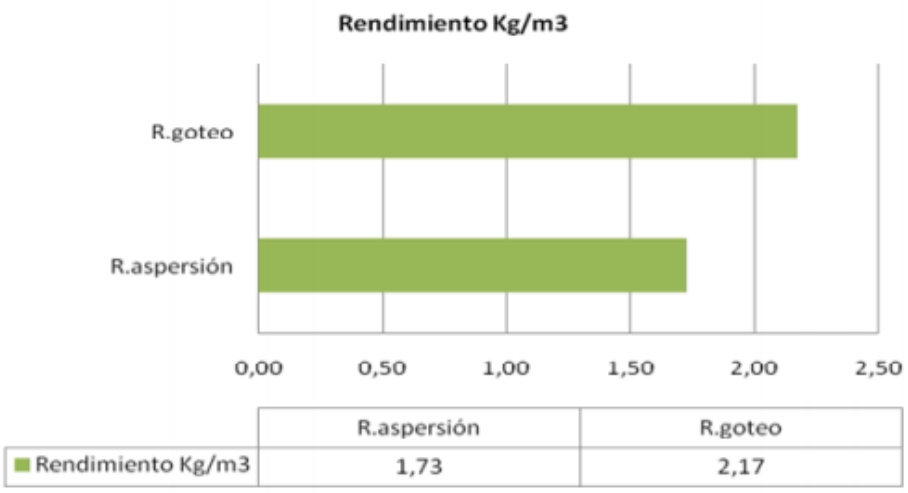
La superficie total de la parcela es de 2.65 hectáreas y se dividio en dos módulos de riego uno de 0.65 y otro de tres hectáreas. Se trabajó con 100,000 plantas/ha. (SIRASA, 2012). En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos del consumo de agua por hectárea y el rendimiento del producto en kg por m^3.

Figura 2. Valores del consumo de agua en m^3 por hectárea en cultivo de maíz. Comparación entre riego por goteo y riego por aspersión.



Fuente: Sirasa, 2012

Figura 3. Valores del rendimiento en kg de maíz por m^3 de agua de riego. Comparación entre riego por goteo y riego por aspersión



Fuente: Sirasa, 2012

El estudio concluye que con el riego por goteo se consigue una eficiencia del 90% frente al riego por aspersión que se sitúa en torno al 80%. En el riego por goteo es necesario aportar 5,741 m^3/ha frente al riego por aspersión que sería necesario aportar 6,458 m^3/ha. Con el riego por goteo se ha conseguido obtener muy buenos rendimientos, consumiendo 717 m^3/ha menos. El rendimiento obtenido del producto ha sido de 2,17 kg/m^3 de agua aportado (Figura 3). En la parcela que utilizó riego por aspersión el rendimiento fue de 1.73 kg de maíz por m^3 de agua consumido, siendo menor que con el riego a goteo (SIRASA, 2012).

Garcia y Benito (1995) realizaron una comparación de dos sistemas de riego por aspersión y goteo en remolacha azucarera. El artículo presenta los resultados de producción de raíz, azúcar, materia seca, eficiencias del agua y parámetros de calidad de la remolacha azucarera con los dos sistemas de riego. El Estudio se realizó en la Finca de Zamadueñas del Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Castilla y Léon en Valladolid, situada en España. En el riego por goteo se utilizaron tres niveles de agua y dos dosis de fertilizante nitrogenado. Los niveles de agua fueron del 100 (G1), 80 (G2) y 60% (G3) de la ET mantenida durante todo el ciclo de cultivo, y las dosis de nitrógeno N1 y N2 fueron al 100 y 75% de las necesidades medias de la remolacha en la zona. Para la parcela de aspersión, se realizó un diseño de fuente lineal, con cinco niveles de riego, entre los cuales eligieron A1, A3 y A4, que más se asemejaban a los de riego por goteo en volúmenes de agua. (Garcia y Benito, 1995).

La producción de azúcar en kg/ha ha sido entre el 10 y el 20% más alta que en riego por aspersión, para niveles de agua próximos al de máxima evapotranspiración del cultivo, tal y como se observa en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Producción final de raíz, azúcar y materia seca, para distintos niveles de agua en cada sistema de riego.

Sistema de Riego	Nivel de agua	Agua usada (mm)	Raíz $t.ha^{-1}$	Azúcar $t.ha^{-1}$	M.seca tha^{-1}
Goteo	G1	689,6	73,0 a	10,6 a	23,9 a
	G2	624,3	63,2 b	9,6 a	22,4 b
	G3	510,6	50,9 c	7,7 b	15,8 c
Aspersión	A1	702,6	54,6 a	8,6 a	16,9 a
	A2	680,5	49,4 b	7,6 b	15,3 b
	A3	611,3	48,1 b	7,2 b	15,2 b
	A4	490,5	43,5 c	6,6 c	13,6 c
	A5	354,2	29,8 d	4,4 d	9,4 d

Fuente: Garcia y Benito, 1995

La eficiencia media del agua ha sido superior en goteo en un 20.2, 2.1 y 25.3% en las producciones de raíz, azúcar y materia seca, respectivamente, tal y como se observa en el Cuadro 9. En el abonado nitrogenado la eficiencia media fue 21.3, 1. En el abonado nitrogenado la eficiencia media fue 21.3, 1.4 y 23.4 más alta en goteo en los parámetros antes citados (García y Benito, 1995).

Cuadro 9. Eficiencia del agua (Efa), sobre las producciones de raíz, azúcar y materia seca por unidad de agua usada, para distintos niveles de agua y dosis de nitrógeno.

Sistema de Riego	Nivel de agua		Nitrógeno $kg.ha^{-1}$	Raíz	Azúcar	M. seca
Goteo	G1		180	0,01096	0,00162	0,00354
			136	0,01022	0,00150	0,00339
	G2		180	0,01061	0,00158	0,00340
			136	0,00962	0,00151	0,00316
	G3		180	0,01049	0,00161	0,00300
			136	0,00947	0,00154	0,00370
		Media		*0,01023*	*0,00156*	*0,00336*
Aspersión	A1		180	0,00754	0,00109	0,00214
			136	0,00799	0,00110	0,00230
	A3		180	0,00801	0,00119	0,00255
			136	0,00773	0,00113	0,00237
	A4		180	0,00892	0,00137	0,00289
			136	0,00880	0,00132	0,00280
		Media		*0,00816*	*0,00120*	*0,00250*

Fuente: Garcia y Benito, 1995

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, realizó el Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México para la Piña MD2 A. Comosus. El programa cuenta con los requerimientos climáticos y descripción del proceso de producción detallado para la piña en la región mexicana. El programa menciona las experiencias en el Bajo Papaloapan, que en riegos de piña tuvo gastos de entre 40 y 60 l/s, suficientes para regar por aspersión una superficie aproximada de 100 ha, mientras que con el mismo volumen se riegan 250 ha con el riego por goteo. Finalmente concluye que para las condiciones de los suelos donde se cultiva piña en esa región, el sistema de riego recomendado es preferentemente el goteo (INIFAP, 2011)

Ortiz (2011) realizó un estudio de factibilidad de instalación de un sistema de riego por goteo en el cultivo de la piña (A. comosus L. Merr) en Cuji Estado Lara, Venezuela. Se realizó una visita a la unidad de producción, con el fin de diagnosticar el estado actual de los recursos existentes. Se recopiló información de un levantamiento tipográfico y se procedió a realizar el diseño agronómico, donde se determinó la demanda hídrica del cultivo, seguido de un diseño hidráulico y, finalmente el dimensionamiento de tuberías. Luego de un estudio económico y financiero se concluyó que sí hay factibilidad técnica y financiera para establecer un sistema de riego por goteo para la piña. Los indicadores económicos muestran la rentabilidad donde las TIR eran de 116% antes del financiamiento y 2003% después del financiamiento (Ortiz, 2011).

Pazos, M. (2009) realizó un estudio sobre el riego y fertiriego en arándano, en Chile. Los objetivos fueron comparar los requerimientos de agua en sistema de riego por aspersión, micro aspersión y goteo. Los resultados de los ensayos indican que el riego por goteo reduce los requerimientos de agua, mantiene más alto el contenido de agua en el suelo y disminuye el stress hídrico comparado con el riego por aspersión.

P. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PIÑA (ANANAS COMOSUS)

La piña es conocida científicamente como Ananas comosus L. Merril (ver Cuadro 10). Es originaria de Brasil y se cultiva desde antes de la llegada de los españoles a América. Actualmente, su cultivo se desarrolla en regiones tropicales del mundo, entre los principales productores se encuentran Brasil, Filipinas, Tailandia, Estados Unidos y México. (ICAITI, 1976).

La piña es un fruto no climatérico y múltiple partenocárpico denominado sincarpio, que está compuesto de unos 100-200 frutículos como bayas. Las flores se abren en secuencia, desde la base. Tiene una forma ovalada-cónica y esa de 1 a 3 kg La porción no comestible representa un

41% del fruto, entre cáscara, corazón y corona. No tolera heladas, ni la exposición excesiva a bajas temperaturas. (Thomson, 2003).

Cuadro 10. Clasificación botánica de la Piña Ananas Comosus

Vegetal:	Piña
Familia:	Bromeliaceae
Género:	Ananas
Especie:	Comosus L. Merril
Variedad:	Híbrido MD2

Fuente: Sancho, 1991

La piña tiene un alto contenido de agua, posee un 11% de hidratos de carbono simples, valor calórico bajo, vitaminas A, B1, B6, C, calcio, magnesio, yodo, potasio y hierro, mientras que el corazón es fuente de fibra (observe Cuadro 11 para ampliar información nutricional por cada 100 g). La piña tiene propiedades digestivas, estomacales, diuréticas y desintoxicantes. (Guía de las frutas cultivadas, 2001).

Cuadro 11. Información nutricional para 100 gr de piña

Componente	**Cantidad**	**Unidades**	**%DDR****
Energía	200.0	kJ	2.29
Energía	50.0	kcal	2.29
Proteína	<1g	g	0.80
Grasa	0		--
Carbohidratos	14.0	g	--
Fibra	--	g	--
Vitamina A	5.0	ηg	*
Vitamina C	61.0	mg	102.0
Calcio	18.0	mg	2.0
Fósforo	8.0	mg	*
Hierro	0.5	mg	4.0

Fuente: CODEX STAN 182-1993

*Contiene menos del 2% de la Dosis Diaria Recomendada

**DDR: Porcentaje que se ingiere de la Dosis Diaria Recomendada para un adulto promedio sano, en 100 gramos de producto.

1. Pluviometría. La piña requiere una precipitación pluvial media entre 1,500 y 3,500mm. Su morfología le hace poco exigente y soporta regímenes desde 1,000 mm anuales bien distribuidos. Aunque es poco exigente, la falta de agua en la etapa inmediata después de la siembra, y en el inicio de la floración y formación del fruto, retarda el crecimiento de la planta y reduce el tamaño del fruto (Pac, 2005).

2. Temperatura. La temperatura anual requerida para un adecuado crecimiento oscila entre 23 y 30 grados centígrados, con un óptimo de 27 °C. Temperaturas inferiores a 23o, aceleran la floración, disminuyen el tamaño del fruto y lo hacen más ácido y perecedero. Mientras que temperaturas superiores a 30º pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando lo que se llama “golpe de sol” (Pac, 2005).

3. Luminosidad. El número de horas brillo solar por año deben superar las 1,200h, se considera óptimo más de 1,500 h luz anuales. Una iluminación, muy intensa causa quemaduras en la superficie del fruto, mientras que si la intensidad es baja, se produce disminución en el contenido de azúcar, y eleva la acidez del jugo (Pac, 2005).

4. Altitud. En la mayor parte de los trópicos, el cultivo de la piña tiene más éxito si se cultiva entre 300 a 900 msnm con un rango de 0 a 1,200 msnm. (Pac, 2005).

5. Suelos. La piña puede cultivarse en la mayoría de suelos, siempre que sean profundos, fértiles y que tengan buen drenaje. El pH óptimo está entre 5.5-6.2; suelos con pH elevados dan lugar a la aparición de clorosis calcárea (deficiencia de Hierro) y pH menores de 5.5 afectan el crecimiento de la raíz y la disponibilidad de nutrientes, potasio y calcio (Pac, 2005).

6. Plagas. Una plaga es un conjunto de insectos que ataca un determinado cultivo ya sea en sus raíces, tallos, hojas, flores o frutos, reducen así la producción en cualquier cultivo. Es indispensable el uso de productos químicos para combatir todo tipo de plagas, ya que toda práctica manual o mecánica tiene control sobre los insectos, pero no en una forma correcta como si la hiciéramos a base de insecticidas (INTECAP, 1979).

Las plagas que más afectan a la piña son:

a. Nemátodos
    1) Meloidogyne sp.
    2) Aphelenchus sp.
    3) Pratylenchus sp.
    4) Ditylenchus sp.
    5) Heterodera sp.
    6) Aphelencoide sp.
    7) Helicotylenchus sp.
    8) Rotylenchus sp.
    9) Tylenchus sp.

b. Insectos
    1) Pseudococcus sp. (Chinches o cochinillas harinosas)
    2) Phyllophaga sp. (Gallina ciega)
    3) Melolontha sp. (Gallina ciega)
    4) Agriotes sp. (Gusano alambre)
    5) Trips sp. (Trips)
    6) Aphis sp. (Pulgón)

7. Enfermedades. En cuanto a enfermedades, hay cultivos en donde no es rentable su control con fungicidas. En cultivos frutales puede ser necesario el control de enfermedades con fungicidas (INTECAP, 1979). Entre las enfermedades pueden citarse las siguientes:

a. Thielaviopsis paradoxa Hohn (Pudrición negra en frutos, hojas y tallos)
c. Erwinia sp. (Pudrición del tallo)
d. Penicillium sp. (mal de ojo en frutos)
e. Fusarium sp. (mal del clavo)
f. Asterinella sp. (Mancha foliar)
g. Botridiplodia theobromae Pat. (Necrosis apcial)
h. Culvularia lunata Boedijn (Necrosis del borde de la hoja)
i. Phytophtora cinnamomi Rands. (Pudrición del corazón) (Álvarez, 1964).

8. Técnicas para reducir plagas y enfermedades
    a. Enterrar los restos de la cosecha anterior, para matar los insectos y enfermedades.
    b. Matar las malezas y evitar que en ellas crezcan y se reproduzcan insectos dañinos y también que no existan enfermedades después.
    c. Voltear el suelo con el azadón en la preparación del terreno antes de la siembre, con el objeto de que los insectos que están viviendo dentro del suelo queden expuestos a los rayos del sol y el aire, y mueran.
    d. Sembrar en época adecuada, así las plantas no están expuestas a crecer lentamente, siendo más vulnerables a los ataques de insectos y enfermedades.
    e. Sembrar especies de cultivos que sean las más adecuadas al lugar.
    f. Mantener los terrenos bien drenados, para evitar el estancamiento de agua que causan enfermedades (INTECAP, 1979).

9. Fertilización. La piña tiene mayores requerimientos nutricionales en cuanto a nitrógeno y potasio y menor requerimiento de fósforo. La aplicación y cantidad de abono depende de las condiciones del suelo natural, condiciones climáticas, densidad de siembra y de la variedad. La piña se fertiliza con aplicaciones parciales durante su período de crecimiento, siendo la primera aplicación de nitrógeno unos dos meses después de la siembra, al haberse desarrollado las raíces. La dosis total de nitrógeno varía con los aspectos antes mencionados, pero puede oscilar entre 440 y 670 k/ha.

La fertilización fosfopotásica también varía su aplicación con las condiciones del suelo y demás. Esta se debe efectuar 9 a 12 meses después de la siembra, se emplea sulfato de potasio, en dosis de 220 y 460 k/ha. El fosfato se aplica en forma amoniacal o como superfosfato y se debe aplicar 170 – 280 k de P_2O_5/ha.

El nitrógeno participa en la regulación de crecimiento de la planta y es un factor determinante en el rendimiento del cultivo. El fósforo es necesario para la diferenciación de la inflorescencia y en la floración. El potasio beneficia las características organolépticas de la pulpa, su acidez y firmeza, así como la coloración de la piel (INTECAP, 1979)

10. Análisis fisicoquímicos
    a. Potenciometría y pH. La potenciometría es un método de medición de pH. El medidor de pH es el instrumento más corriente en los laboratorios químicos junto con la balanza analítica. Es un voltímetro y puede emplearse en cualquier determinación analítica que se base en la medición de la fuerza electromotriz, originada por diferencias del potencial eléctrico. La

lectura puede referirse directamente al valor de la magnitud deseada, como puede ser el pH. (Walton, 1983).

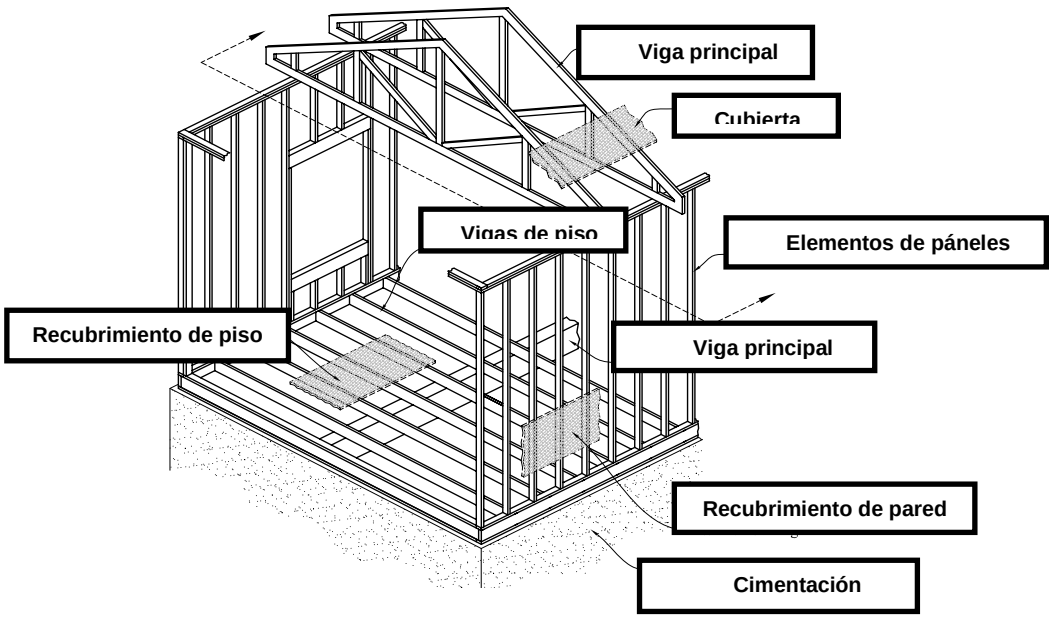
La escala de pH mide la acidez de una sustancia. Varía entre 0 a 14, siendo 7 un pH neutro. Si el pH es inferior a 7 es ácido y si es superior a 7 es básico. El pH de la pulpa de piña decrece desde el estado prematuro hacia el estado de madurez temprana (Walton, 1983).

b. Grados Brix. Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta y se ha determinando conun refractómetro calibrado y a 20 ºC. (Solano, 1991). Para el caso de la piña, se debe considerar que una vez cosechada la fruta, solo ocurrirán cambios en el color y apariencia externa e interna de la piña, pero no en el contenido de sólidos solubles (º Brix), ya que es una fruta no climatérica y no contiene reservas de almidón que permitan la transformación de estos azúcares (Calderón, 2005).

Q. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE CASAS DE MADERA

La mayoría de las estructuras en madera construidas actualmente se hacen con una plataforma base, en la que los elementos verticales de las paredes se erigen piso por piso, y el piso inferior es la base para el siguiente (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:2). Tal y como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.Tipología típica de una casa de madera.



Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil 2007

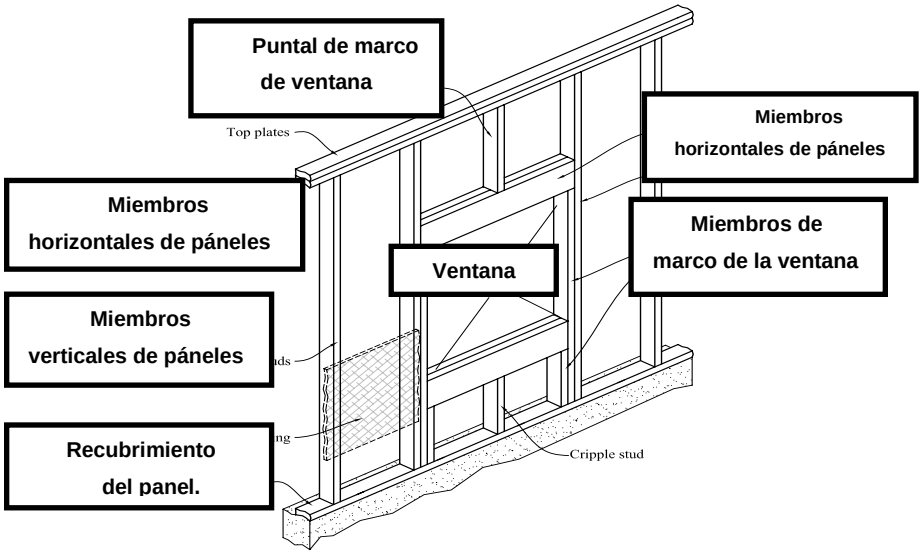
En contraste, existe una tipología estructural llamada “Tipo Globo”, en la cual los elementos verticales son continuos para la altura total de la estructura (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:2).

1. Vigas (rafters). Son elementos de madera usualmente con pendiente aserrada, espaciados a cierta cantidad de intervalos, según lo dicte el diseño y cargan cierta cantidad de carga del techo o entrepisos y otros elementos estructurales. En la práctica, los espacios de las vigas están limitando a un máximo de 14' a 18 ' (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:2)

2. Columnas y postes. Miembros verticales que resisten carga axial en compresión y que ocasionalmente resisten carga flexionante debido a cargas laterales de viento o a excentricidad de las cargas gravitacionales (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:3)

3. Viguetas de paneles. Miembros de sección cuadrada utilizados para resistir carga axial céntrica, espaciados casi siempre a distancias cortas (12,16 o 24 in), (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:3).

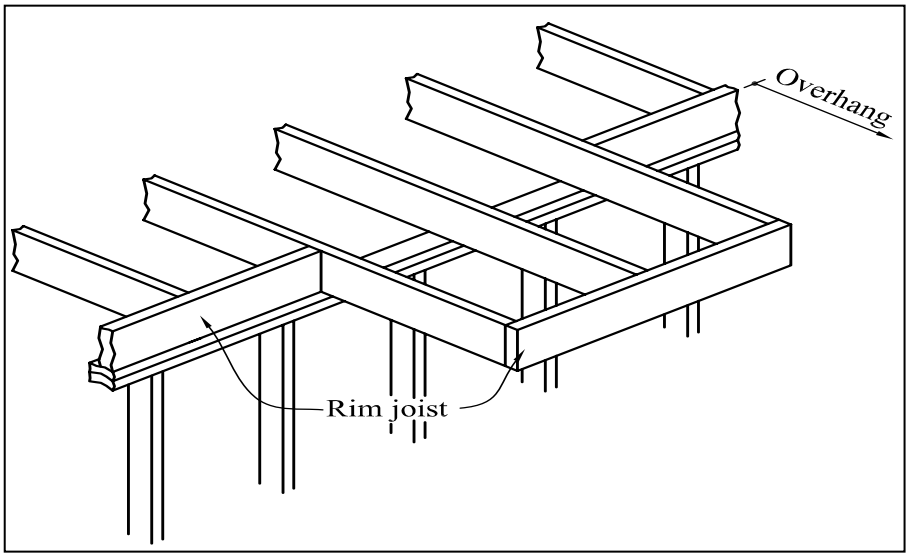
Figura 5. Miembros que conforman los páneles.



Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil 2007

4. Vigas en voladizo. Al igual que las vigas tipo “rafters”, estas vigas resisten fuerzas de flexión respecto al plano X, y son utilizadas para dar sombra a las ventanas y proteger las paredes exteriores de lluvia. La deflexión crítica en estas vigas se encuentra en su extremo o en la parte trasera de la misma donde está soportada, lo cual es tomado en cuenta para el diseño (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:7)

Figura 6. Vigas en voladizo.



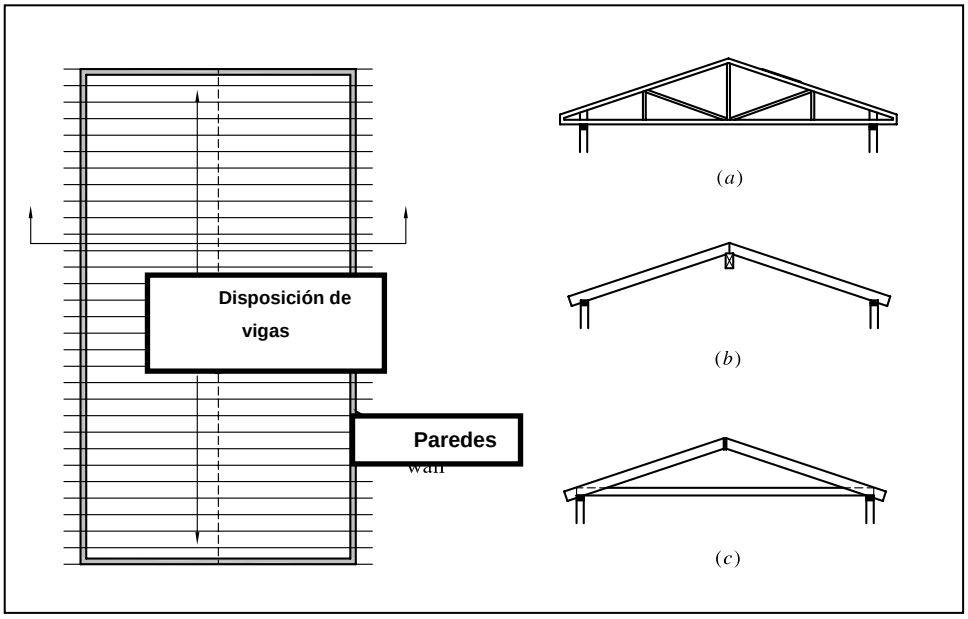
Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil 2007

R. SISTEMAS ESTRUCTURALES TÍPICOS EN CONSTRUCCIONES EN MADERA

Existen varios sistemas utilizados en la construcción de edificaciones en madera:

1. Techo. Hay variaciones en la dispocición del marco de techos
   a. Armaduras de techo espaciadas en dirección transversal al edificio desde los extremos de las paredes.
   b. Vigas con pendiente sopotadas por las vigas de caballete (Vigas en cumbrera del techo) y apoyadas por los páneles en el otro extremo (Figura 7b).
   c. Vigas con pendiente con una cumbrera en la línea superior del techo y soportadas por los páneles en la parte exterior (Figura 7c).
   d. Marcos de madera, los cuales involucran parales de madera joist, vigas y elementos que soporten las cargas del techo.

Figura 7. Disposición de las vigas en el techo. (a) Armadura; (b) Techo abovedado; (c) Vigas tipo Rafter.

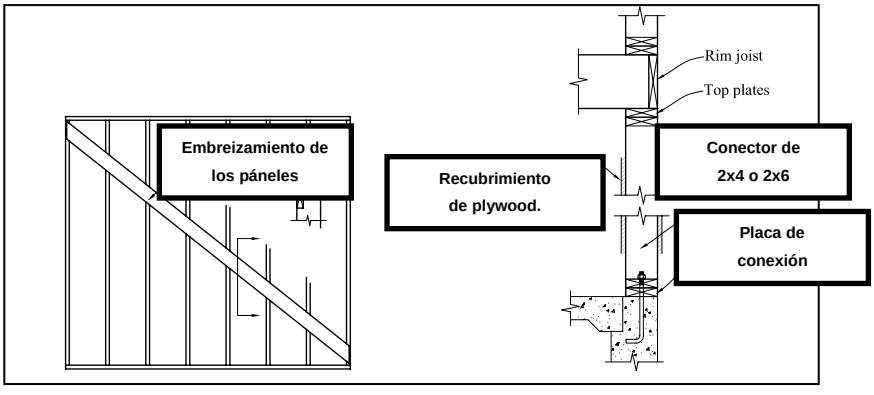


Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil 2007

Los techos pueden ser de dos o cuatro aguas. Un techo a dos aguas significa que el techo tiene forma de “V” invertida y, el agua que cae de la lluvia se vierte en dos direcciones. En contraste el techo a cuatro aguas es un sistema que tiene cuatro pendientes en cuatro direcciones diferentes y este vierte el agua en cuatro direcciones.

2. Paneles de madera. Los páneles de madera en las edificaciones consisten de parales verticales de 2 X 4 o 2 X 6 espaciados a 16" o 24" en el centro, con plywood o maderas de fachada en la cara exterior de la pared (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:9)

Figura 8. Diagrama de sección de panel de madera tradicional.

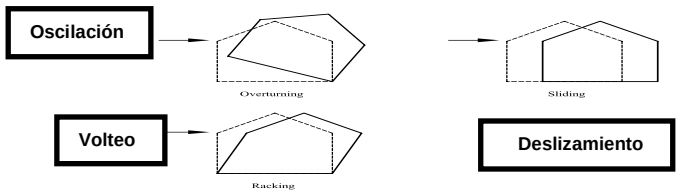


Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil 2007

También consiste de una placa en la parte superior de la pared y una placa de solera en lamisma, y una viga de cabezal que soporta cargas sobre las ventanas y puertas. Estas paredes soportan cargas gravitacionales del techo y resisten cargas laterales de viento perpendiculares a la cara de la pared, así mismo, actúan como muros de corte para resistir cargas laterales de viento o sismo en el plano de la pared. Se le agregan miembros diagonales que funcionan como breizas para resistir de igual forma las cargas laterales y agregar mayor capacidad de corte (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:9).

3. Muros de corte en las edificaciones de madera. Las fuerzas laterales de viento y sismo que actuan en las edificaciones de madera resultan en el deslizamiento o volteo del edificio como se observa en la Figura 9. El deslizamiento del edificio es resistido por la fricción entre el edificio y sus cimientos, pero en la práctica, la fricción es ignorada porque sus efectos son mínimos (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:10).

Figura 9. Efectos causados por las fuerzas laterales.



Fuente: Abi Aghayere y Jason Vigil (2007:10)

El momento de volteo que puede ser resuelto con fuerzas en dirección ascendente y descendente, es resistido por el peso muerto de la estructura y por el anclaje de los páneles de madera. Las derivas del edificio pueden ser controladas por el sistema de breizas que se coloquen en el mismo. (Abi Aghayere y Jason Vigil 2007:10).

S. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

Debido a la anisotropía de la madera, la orientación de las fibras de la misma da lugar a esfuerzos diferentes según su orientación, sea paralela o perpendicular a la carga que se aplique. Por ello, es importante distinguir siempre entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra.

Es por esto que la naturaleza del comportamiento de la madera es distinto a diferencia de otros materiales utilizados para la fabricación de estructuras como el acero y el hormigón. La resistencia y los módulos de elasticidad en la dirección paralela a la fibra son mucho mayores que en la dirección perpendicular. Han sido varios los estudios que se han realizado sobre la

madera y su comportamiento mecánico mediante ensayos sobre probetas pequeñas libres de defectos o madera limpia, pero la madera estructural comprende piezas de grandes escuadrías en la que aparecen numerosos defectos o nudos, gemas, y otros (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008). Por esta razón que ahora la tendencia es la de estudiar e investigar piezas de madera comerciales y de tamaños realistas en los que se pueda evaluar mejor la presencia e influencia de dichas particularidades.

Se debe tomar en consideración que los productos estructurales de la madera han sido clasificados según su uso, para resistir distintos tipos de esfuerzos y es por ello que no se realizan o buscan correlaciones con otro tipo de clasificaciones, como por ejemplo, en la madera aserrada no se pueden correlacioanar sus propiedades con clasificaciones de maderas decorativas o utilizar valores obtenidos con probetas mas pequeñas. Las propiedades mecánicas de la madera estructural se suelen dar con valores que son seguros con un 95% de probabilidad y son los que se emplean. Los valores medios son seguros con una probabilidad del 50%. (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

A continuación se recogen las características más significativas de las propiedades mecánicas de la madera estructural:

1. Tracción paralela a la fibra. La resistencia a la tracción paralela o tensión paralela a la fibra es elevada. En la madera clasificada los valores característicos oscilan entre 8 N/mm2 y 18 N/mm2. Algunos ejemplos de miembros que solicitan una resistencia a este esfuerzo se encuentran basicamente los tirantes y los pendolones de las serchas

2. Compresión paralela a la fibra. La resistencia a la compresión paralela a la fibra es elevada, y esta alcanza valores que van dese los 16 N/mm2 a los 23 N/mm2. Cuando se realiza el cálculo de elementos sometidos a esfuerzos de compresión, se debe realizar la comprobación de la inestabilidad de la pieza, es decir el chequeo de pandeo, en el que el módulo de elasticidad es un factor determinante

La resistencia a la compresión en las piezas esbeltas se ve reducida en la práctica debido al bajo valor de este módulo. La resistencia a la compresión paralela a la fibra resulta importante para muchos tipos de piezas como columnas gravitacionales, montantes de muros entramados y cubiertas (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

3. Flexión. La flexión es bastante elevada en la madera si se compara con la densidad que posee. «Sus valores característicos para las coníferas que se utilizan habitualmente en estructuras varían entre 14 N/mm2 y 30 N/mm2.» (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008)

Al referirse a la estructura de madera es necesario hablar de la resistencia a la flexión, aunque esté formada por la combinación de un efecto de tracción y uno de compresión, «…ya que el comportamiento mecánico de estas dos propiedades es diferente y por tanto, resulta más práctico referirse al efecto en conjunto de ambas en el caso de flexión, esta propiedad es importante en piezas tales como vigas, viguetas de forjado, pares de cubierta, etc.» (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

4. Tracción perpendicular a la fibra. La resistencia a la tracción perpendicular a la fibra en la madera es bastante baja en relación a dirección paralela, hasta 70 veces menos. Su valor característico oscila entre 0.3 N/mm2 a 0.4 N/mm2. La resistencia a la tracción perpendicular a la fibra es crítica en piezas especiales de forma curva como arcos, vigas curvas, etc. o en zonas de cambios bruscos de dirección (zonas de vértice). «Estas tensiones de tracción, también se pueden producir como consecuencia de la coacción del libre movimiento transversal de la madera en soluciones constructivas incorrectas que pueden ser evitadas fácilmente con el conocimiento del material» (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008)

5. Compresión perpendicular a lal fibra. La resistencia a la compresión perpendicular a la fibra también es muy baja, comparada con la dirección paralela. Sus valores oscilan entre 4.3 N/mm2 y 5.7 N/mm2 «lo que representa la cuarta parte de la resistencia en dirección paralela a la fibra». Este esfuerzo se da en los apoyos de las vigas, donde se concentra toda la carga en pequeñas superficies que tienen que resistir la transmisión de la reacción sin aplastarse, ni deformanse de forma considerable (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008)

6. Cortante. El esfuerzo cortante produce tensiones en forma tangencial que actúa sobre las fibras de la madera en varias formas:

   a. Tensiones tangenciales de cortadura: las fibras se cortan de forma transversal y el fallo es producido por aplastamiento.
   b. Tensiones tangenciales de deslizamiento: la falla es producida por el deslizamiento de una de las fibras respecto a otra en forma longitudinal.

c. Tensiones tangenciales de rodadura: la falla se produce por rodadura en alguna de las fibras sobre las otras.

En los miembros estructurales sometidos a flexión y cortante, las tensiones que se generan en conjunto son de cortadura y deslizamiento, y sus valores varían entre 1.7 N/mm^2 y 3 N/mm^2 en las especies y calidades utilizadas habitualmente en la construcción (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

Las tensiones tangenciales por rodadura de fibras sólo se producen en casos muy concretos, como son las uniones encoladas entre el alma y el ala de una vigueta con sección en doble T. El valor de la resistencia por rodadura es del orden del 20 al 30% de la resistencia por deslizamiento. (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

7. Módulo de elasticidad. Ya que la madera es anisotrópica, sus módulos de elasticidad son diferentes según la dirección de la fibra; y en la fibra paralela puede variar según se trate de compresión o tracción (corte). Para el diseño práctico se utiliza un único valor del módulo de elasticidad para la dirección paralela a la fibra y este puede oscilar entre 7000 N/mm2 y 12000 N/mm2 según la madera utilizada. En la dirección perpendicular a la fibra, de igual forma, es tomado un único módulo de elasticidad que es 30 veces menor al paralelo a la fibra. (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008)

8. Módulo de cortante. El módulo cortante en la madera va ligado directamente a los esfuerzos cortantes y su valor es 16 veces inferior al módulo de elasticidad paralelo a la fibra. (Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera, 2008).

T. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

1. Hendidura. La hendidura consiste en la facilidad que tiene la madera para partise o rajarse en el sentido paraleo a la fibra. Si se tiene una fibra larga y sin nudos, la resistencia será menor y será más notorio si la madera está verde. (Futper, 2011).

2. Dureza o resistencia al corte. Depende de la cohesión que exista entre las fibras y se relaciona direcamente con la cantidad de fibras y la cantidad de agua, es decir, a mayor cantidad de fibras, menor cantidad de agua. «Por ejemplo una zona de nudos tendrá mayor cohesión de sus fibras que una zona limpia» (Futper, Propiedades físicas de la madera. 2011).

Cuadro 12. Clafisificación de la dureza por especie de árbol.

Clasificación de la dureza	Tipo de árbol
Durísimas	Ébano, encima, luma
Duras	Cerezo, arce, olmo, roble
Semiduras	Haya, nogal, castaño, abedul, peral
Blandas	Abeto, aliso, pino
Muy blandas	Pino, chopo, tilo, sauce, balsa

Fuente: Futper, Propiedades físicas de la madera (2011).

«A nivel comercial, constructivo y estructural, las maderas se clasifican en dos grandes grupos: Duras y blandas.» (Juha Kiuru 2011).

3. Flexibilidad. Esta propiedad es la que tiene la madera para ser fácilmente curvada, en el sentido de su longitud, sin romperse ni deformarse, y es una propiedad muy notoria en las maderas jóvenes y blandas

4. Densidad. Se define como «la relación entre el peso de la muestra y su volumen, medidos con el mismo grado de humedad.» (Futper, 2011.)

5. Retractibilidad o contracción. Al secarse la madera esta se puede llegar a contraer de un 15% a un 20%, pero si el grado de humedad de la madera es inferior al del ambiente, esta absorbe agua y se hinca (Futper, 2011)

6. Homogeneidad. «Es cuando la estructura y la composición de las fibras, se presentan de manera uniforme.» (Futper, 2011).

U. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MADERA

La madera es esencialmente tubular, es decir que sus ejes y fibras principales siguen la dirección del árbol en su eje central y a su vez existen fibras radiales y tangenciales para amarrar a las fibras tubulares principales. Las paredes de los tubos están recubiertas por sustancias capitales llamadas lignina y celulosa. El porcentaje de espacios huecos en la madera va a ser variable según la especie de la que se trate (Futper, 2011).

Figura 10. Seccion de un árbol.

Fuente: Futper, 2011.

V. PROPIEDADES GENERALES DE LA MADERA DE LAUREL

La madera laurel es bastante comercial debidio a su alta calidad, a su dureza y rápido crecimiento. Sus usos van desde la industria, ebanistería hasta la agroforestería. La especie es muy apta para plantarla a escala industrial ya que es muy trabajable, bella y brillante. La demanda de esta especie en muchos países es sostenida y con altas probabilidades de incrementarse. En sistemas agroforestales esta especie es una fuente de ingreso adicional a los cultivos y podría ser una buena fuente de ingresos para pobladores del area rural (Vinueza, 2012).

1. Dendrología
    a. Fisionomía del árbol
        1) Tronco: Es recto y cilíndrico.
        2) Corteza: La corteza externa no es muy fisurada, de color café oscuro, con aletones poco o medianamente rectos de 40 m de altura.
        3) Raíz: Profunda y fusiforme.
        4) Copa: Es escasa y angosta, por lo tanto, proyecta poca sombra.

2. Propiedades organolépticas de la madera
    a. Color: Capas extremas (albura) de color beige amarillento y capas internas (duramen) de color café claro.
    b. Veteado: «Es con arcos superpuestos, definidos por anillos de crecimiento, parénquima axial y líneas vasculares contrastados con vetas oscuras y bandas anchas encontrados con tonos dorados.» (Vinueza, 2012).
    c. Grano: Normalmente recto.
    d. Textura: Fina y homagénea. El lustre es regular pero alto en la superficie radial.
    e. Trabajabilidad: presenta buen pulimento en el cepillado, moldurado y lijado.

f. Secado: La velocidad de secado es de rápida a moderada, no registra defectos de secado apreciables y la estabilidad dimensional es exccelente.

g. Preservación: Es fácil de preservar y tiene una alta durabilidad natural.

3. Propiedades mecánicas

Cuadro 13. Propiedades mecánicas de madera Laurel

			Verde	Seco al aire
Flexión estática		ELP kgf/cm^2	349.53	464.42
		MOR kgf/cm^2	564.4	723.76
		MOE t/cm^2	71.52	86.2
Compresión	Paralela	ELP kgf/cm^2	175.34	229.69
		MOR kgf/cm^2	221.48	324.83
		MOE t/cm^2	75.37	90.32
	Perpendicular	ELP kgf/cm^2	40.68	56.71
		MOE t/cm^2	69.46	79.55
Dureza	Tangencial		285.75	246.63
	Radial		314.17	294.18
	Extremo		323.83	276.54
ELP: Esfuerzo en el límite proporcional			MOR: Módulo de ruptura	
ER: Esfuerzo de ruptura			MOE: Módulo de elasticidad	

Fuente: Vinueza, 2012

4. Propiedades físicas

Cuadro 14. Propiedades físicas de madera Laurel

	Verde	Seco al aire	Básica
Densidad (gr/cm^3)	0,89	0,45	0,39
	Tangencial	**Radial**	**Volumétrica**
Contracción normal %	4,20	1,73	2,40

Fuente: Vinueza, 2012

5. Usos. Este tipo de madera tiene propiedades estéticas muy favorables, como su color veteado y brillo, y su fácil trabajabilidad. De ahí la razón de su amplia demanda para varias industrias de muebles, para la construcción de puertas y ventanas, artesanías de ebanistería fina y carpintería en general (Vinueza, 2012)

W. CANALES PARA AGUA PLUVIAL

Las canales son elementos no estructurales que sirven para conducir el agua de lluvia que se vierte de los techos, éstos se colocan en los extremos del techo y son sostenidas por pescantes que hacen el trabajo de sustentar el peso del canal al estar lleno de agua. El mercado ofrece muchos tipos de canales, con espesores y materiales diferentes, pero el más común es el PVC, por su durabilidad, higiene, resistencia y porque no transmite olores ni sabores (Tubac 2014)

X. SAP CIVIL 2000

Es un programa para Análisis y Diseño de Estructuras en donde el usuario tiene una gran versatilidad en el manejo del mismo a través de una interacción directa en la mayor parte de la ejecución de los módulos que componen el programa y junto con la sencillez y facilidad de uso. (INACAP, 2012).

Este programa fue creado por CSI (Computers and Structures, Inc.) siendo esta la empresa líder y pionera en herramientras de software para la ingeniería estrucutural y sísmica. SAP 2000 es utilizado por muchísimas empresas de ingeniería alrededor del mundo, y ha sido una herramientra clave para diseños importantes de estructuras, prueba de ello son las que trabajara para los juegos olímpicos de 2008, en Bejing.

Y. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN AGIES NSE 10

1. De moderada importancia: Con una probabilidad muy baja de ocasionar víctimas o daños económicos importantes.
2. De normal importancia: Edificaciones cuya destrucción puede causar víctimas y cuantiosos daños materiales, pero no implica en ningún caso la destrucción de un servicio de vital importancia.
3. De especial importancia: Son las estructuras cuya destrucción por causa de un sismo interrumpen un servicio imprescindible o da lugar a efectos catastróficos.

Z. ASPECTOS SÍSMICOS

Según las normas AGIES NSE 10, Capítulo 4, los requisitos establecen el nivel de protección sísmica que se requiere según las condiciones sísmicas de cada localidad y según la clasificación de cada obra.

1. Índice de sismicidad. Este índice es una medida relativa que se espera de la severidad de un sismo en cierto lugar y es utilizado como uno de los parámetros para diseñar una estructura. En Guatemala, se cuenta con una division de macrozonas de amenaza sísmica, caracterizadas por su índice de sismicidad que va desde 2 a 4 (AGIES NSE 10:10, Capítulo 4).

Existe un listado por Municipios en el Anexo A de NSE 10 para poder consultar el índice de sismicidad, según la zona donde se realice el proyecto de construcción y « Adicionalmente, esta norma requiere la aplicación de un índice de sismicidad $I_0 = 5$ a nivel de microzona para tomar en cuenta condiciones sísmicas severas geográficamente localizadas (AGIES NSE 10:10, Capítulo 4).

2. Nivel de protección sísmica

Cuadro 15. Nivel Mínimo de Protección Sísmica y probabilidad del sismo de diseño.

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 5	E	E	D	C
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica

a) ver clasificación de obra en Capítulo 3, norma NSE 1
b) ver índice de sismicidad en Sección 4.2.1
c) ver Sección 4.3.4, para selección de espectro sísmico de diseño según probabilidad de excederlo
d) para ciertas obras que hayan sido calificadas como "críticas" el ente estatal correspondiente puede considerar probabilidad de excedencia de 2% en 50 años (K_d = 1.00 en sección 4.3.4)
e) "esencial" e "importante" tienen la misma probabilidad de excedencia – se diferencian en el Nivel de Protección y en las deformaciones laterales permitidas

Fuente: AGIES, 2010)

3. Sismos para diseño estructural. Esta norma define varios niveles de sismo para diseño estructural, según la clasificación de la obra, como se indica en la NSE 10, sección 4.3.2. Los sismos de diseño se definen por medio de espectros de respuesta sísmica, simplificados para estructuras con 5% de amortiguamiento y se obtienen según la NSE 10, sección 4.3.3.

Un sismo básico es aquel que tiene un 10% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años. Este se utiliza para diseño estructural de obras ordinarias o donde lo disponga NSE 3, 5 y 7. Un sismo severo es el que tiene un 5% de probabilidad de ser excedido en período de 50 años, y se utiliza para obras clasificadas como importantes y esenciales.

Un sismo extremo es definido como aquel que tiene una probabilidad de 2% de ser excedido en un período de 50 años, y es con este tipo de sismo que se define el mapa de zonificación sísmica de la Republica de Guatemala (AGIES, 2010).

4. Selección de parámetros

a. Parámetros iniciales. «Son los parámetros Scr y S1r cuyos valores para la República de Guatemala están especificados en el Listado de Amenaza Sísmica, por
Municipios, en AGIES NSE 10, Anexo 1. La misma información, con menos detalle, puede obtenerse gráficamente del Mapa de Zonificación Sísmica de la República, de Guatemala.» (AGIES, 2010).

5. Ajuste por clase de sitio. Los valores SCr y S1r se ajustarán a las condiciones del terreno y el perfil del suelo que cubran el estrato del sitio. Se puede seguir la guía de la sección 4.4 de NSE 10 o la siguiente expresión genérica:

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a \quad (4\text{-}1) \quad S_{1s} = S_{1r} * F_v \quad \text{Ecuación 1}$$

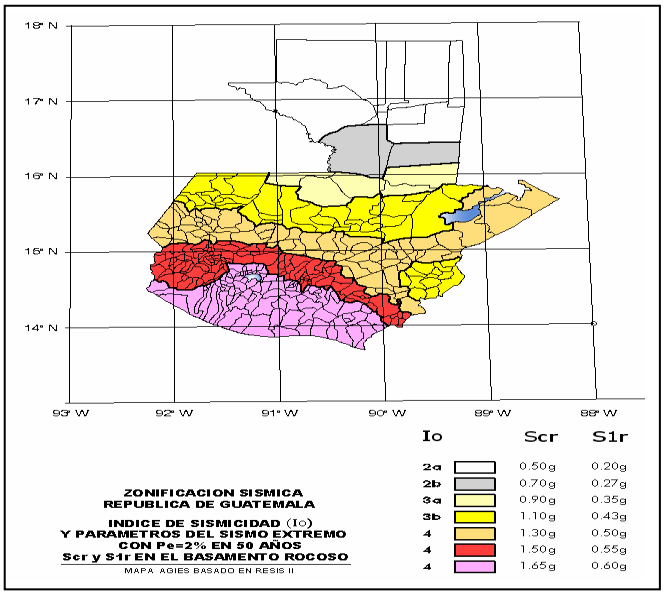
6. Ajuste por intensidades sísmicas especiales. En algunos casos el valor de Scr y S1r deberá ser ajustado por existir la posiblidad de intensidades incrementadas de vibración en el sitio.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a \quad \text{Ecuación 2}$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v \quad \text{Ecuación 3}$$

N_a y N_v son los factores que apliquen por la proximidad de las amenazas especiales indicadas en la sección 4.6.» (AGIES NSE 10:13, Capítulo 4). S_{CR} yS_{1r} son los factores para ajuste de intesidades sísmicas para el diseño.

Figura 11. Mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala.



Fuente: AGIES, 2010

7. Período de transición. El período Ts (en s) que separa los períodos cortos de los largos es:

$$T_S = S_{1S} / S_{CS} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Cuadro 16. Indice de sismicidad Fa y coeficiente de sitio Fv.

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: AGIES, 2010

8. Construcción de los espectros de diseño. Los siguientes factores determinan los niveles de diseño:

a. Sismo ordinario -- 10% probabilidad de ser excedido en 50 años K_d=0.66

b. Sismo severo -- 5% probabilidad de ser excedido en 50 años K_d=0.80

c. Sismo extremo -- 2% probabilidad de ser excedido en 50 años K_d=1.00

d. Sismo mínimo -- condición de excepción K_d=0.55

9. Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

$$S_{cd} = K_d S_{cs} \qquad \text{Ecuación 5}$$

$$S_{1d} = K_d S_{1s} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde K_d es el factor de nivel de diseño sísmico y S_{CR} y S_{1r} son los factores para ajuste de intesidades sísmicas para el diseño.

Las ordenadas espectrales S_a (T) para cualquier período de vibración T, se definen con:

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{si } T \leq T_s \qquad \text{Ecuación 7}$$

$$S_a(T) = S_{1d}/T \quad \text{si } T > T_s \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde S_{Cd} es la ordenada espectral del sísmo extremo en el sitio de interés para períodos de vibración cortos y S_{1d} es el espectro calibrado de sísmo.

AA. AUTODESK REVIT 2013

El software Revit 2014 es un programa para diseño de estructuras y utiliza una nueva tendencia de dibujo llamada BIM (Building Information Modeling). Permite dibujar todo un proyecto desde cero, integrando absolutamente todo para darle un enfoque coordinado y homogéneo al proyecto mediante un solo software (www.autodesk.es, 02:07:2014).

BB. RECUPERACIÓN AGUA DE LLUVIA

El agua pluvial posee varias ventajas frente a las aguas disponibles:

1. No necesita tuberías extensas para ser llevada a grandes distancias.
2. Es limpia, comparada con las otras fuentes de agua dulce disponibles (río y pozos).
3. Es un recurso totalmente gratuito.
4. Únicamente necesita filtración y proceso leve de desinfección.

Hay lugares en los cuales no hay precipitación pluvial, todo el año es época de lluvia. Por esta razón, se necesita determinar la cantidad de agua de lluvia que se ha de almacenar, con base en el consumo y la época de sequía. De acuerdo con ello, se establecerá el tamaño del tanque de almacenamiento, filtros y proceso de desinfección. (Estrategia y Tecnologías hidroambientales S.A. de C.V Stech, 2009)

El sistema de captación de agua pluvial se realiza a través de los techos de las casas, por lo que, el abastecimiento del agua está afectado por varios factores:

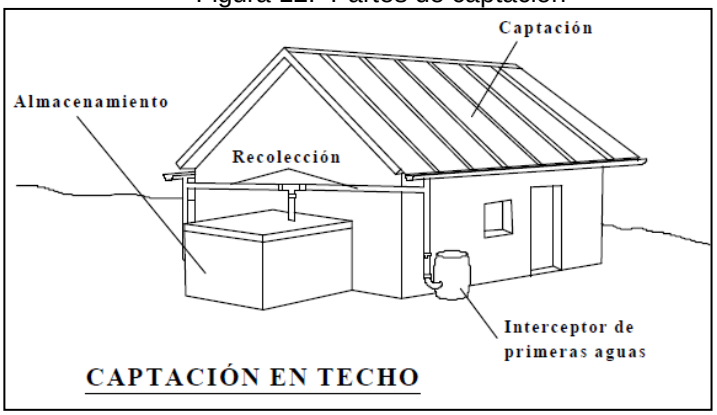
1. La superficie de captación.
2. El material del techo (absorción).
3. Salpicaduras por fuera del área de captación.
4. Fugas.
5. Corrosión con el tiempo.
6. Evaporación del agua.

CC. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico (FAO, 2013).

Los techos, por su condición impermeable, producen un volumen de escorrentía cercano al volumen de lluvia. Su posición elevada e inclinada facilita la captación y almacenamiento del agua. Canaletas colocadas en la parte inferior del plano inclinado recogen la escorrentía del techo y, por una tubería, la conducen hacia la estructura de almacenamiento, generalmente estanques o cisternas, de donde el agua es retirada para su utilización. (FAO, 2013).

Figura 12. Partes de captación



Fuente: UNATSABAR 2001

1. Selección de sitio. La selección del sitio adecuado es clave para el éxito del sistema. Es necesario tomar en cuenta la topografía del terreno, la textura del suelo, el destino donde se usará el agua y la disponibilidad de la fuente de agua (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010).

2. Área de captación. Lugar donde se almacenan las precipitaciones de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general, se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, entre otros, que necesitan estar impermeabilizados. (HidroPluviles, S.F.).

El techo requiere la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se considera solamente la proyección horizontal del techo (UNATSABAR, 2001).

Cuadro 17. Información de eficiencia de escurrimiento estimado

Eficiencia de escurrimiento estimado	
Eficiencia de escurrimiento estimado	Tipo de superficie
95%	Para superficies lisas, impermeables como techos en metal, en teja asfáltica, de concreto, entre otros.
80%	Para superficies en grava o pavimentadas.
60%	Para suelos tratados.
30%	Suelo es su estado natural.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010

3. Sistema de conducción. El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia, del área de captación al sistema de almacenamiento (HidroPluviles, S.F.).

Las canaletas son las estructuras que se colocan en la parte donde termina el techo, para captar el agua que escurre y cae por el declive, y luego conducirla a un lugar de almacenamiento. Deben tener las siguientes características:

a. Dimensiones adecuadas al volumen de escorrentía.
b. Pendiente uniforme hacia el tubo de conducción.
c. Suficiente estructura de apoyo para soportar el peso del agua cuando esté bajo plena carga.
d. Ser mantenidas limpias, sin impedimentos al desplazamiento de la escorrentía.
e. Boca de salida suficiente para el caudal máximo (FAO, 2013).

El tubo de conducción requiere entrar por la parte superior del estanque o cisterna, en cualquier tipo de sistema de almacenamiento. La entrada del tubo estará en el lado opuesto a la ventana de acceso y retirada del agua. Casi siempre, en el lugar de entrada del tubo es donde se deposita mayor cantidad de sedimentos provenientes del techo (FAO, 2013).

4. Dispositivo de retiro de contaminantes y filtración. Antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento se recomienda colocar un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que puede arrastrar el agua a su paso por las superficies, como pueden ser sedimentos, metales, grasas y basuras. De esta forma el agua llegará sin residuos tóxicos al lugar de almacenamiento (HidroPluviles, S.F.).

5. Tanque de almacenamiento. Se trata de sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la rra. Tiene que ser de material resistente e impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración, y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posibles contaminantes. Además, la entrada y la descarga requieren mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; también es necesario contar con dispositivos para el retiro de agua. Finalmente, requiere de un material inerte como el hormigón armado, de fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable que son los más recomendados (HidroPluviles, S.F.)

Los hogares hacen un gran esfuerzo para recolectar, transportar y tratar su agua potable. Posterior a los tratamientos, cuando se posee agua segura para el consumo, esta tendría que ser manejada y almacenada adecuadamente para mantenerla segura, de lo contrario la calidad del agua se pierde. El almacenamiento seguro significa mantener el agua tratada fuera de fuentes de contaminación, y usar recipiente limpio y cubierto. Esto también significa que el agua potable no se debe consumir directamente del recipiente, es decir, el recipiente permanecerá cubierto para garantizar que no exista contacto y prevenir la contaminación del agua a consumir (Dangol, 2012).

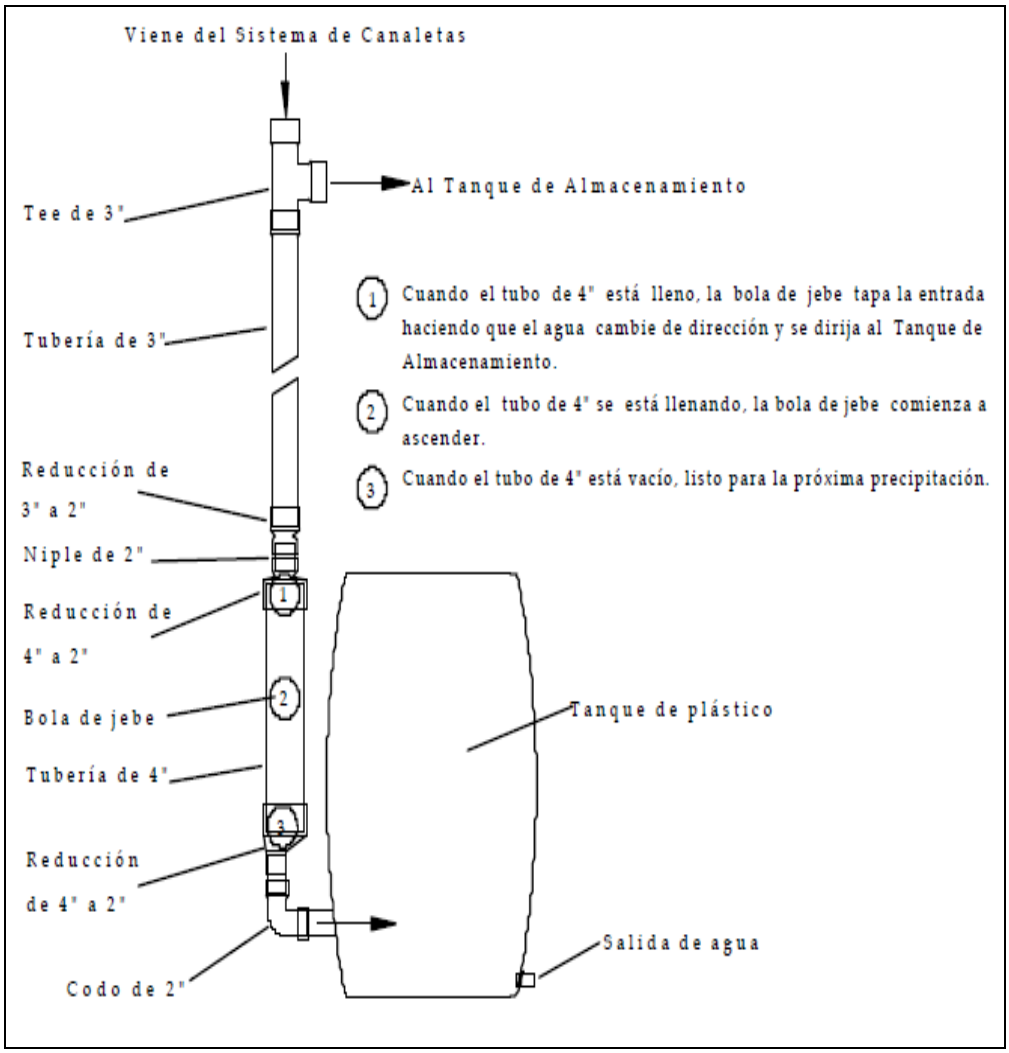
Según Dangol (2012), para que un recipiente sea considerado “seguro” para contener agua, tendrá que cumplir con las siguientes cualidades:

a. Una tapa o cubierta fuerte y hermética.
b. Tapa o abertura angosta.
c. Base estable, para prevenir que se caiga.
d. Ser duradero y fuerte.
e. No debería ser transparente.
f. Fácil de limpiar.

6. Tanque interceptor. Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo; contiene todos los materiales que en este se encuentren al inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento, y de este modo minimiza la contaminación del agua almacenada y

de la que vaya a almacenarse posteriormente. En el diseño del dispositivo se tendrá en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo, que se estima en 1 l/m2 de techo (UNATSABAR, 2001).

Figura 13. Modelo de interceptor de primeras aguas



Fuente: UNATSABAR (2001)

7. Vertedor. Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento (HidroPluviles, S.F.).

8. Sistema de bombeo. Dependiendo del uso que se le dará al agua, así será el caudal y la presión requeridos, la altura a que va a succionar la bomba (si es de un río o laguna, es la altura entre la bomba y el nivel del agua), la altura a la que hay que elevar el agua; la distancia

entre la bomba y el punto donde se necesita el agua; y los materiales disponibles para conducción (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010).

9. Bomba manual. Su función es elevar líquidos. Consta de un cilindro denominado cuerpo de bomba, que es recorrido con frotamiento suave por un émbolo o pistón; tiene tubos para la salida o entrada de líquido con sus válvulas correspondientes. Se le denomina bomba de desplazamiento positivo (Roca, J. S.F).

10. Tratamiento. Es necesario que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas, sea tratada antes de su ingesta. El tratamiento se dirige a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y al acondicionamiento bacteriológico (UNATSABAR, 2001).

DD. POBLACIÓN, DOTACIÓN Y DEMANDA

1. Censos de viviendas. Si se dispone de los censos de vivienda de la localidad, éstos se acompañan de todos los datos registrados en las publicaciones correspondientes, indicando la fuente y/o el autor. Con base en los datos anteriores, se obtiene la tasa de crecimiento de la vivienda. Para verificar los datos del último censo se contabilizan las casas habitadas en cada zona de la localidad, al igual que los establecimientos comerciales, industriales e institucionales (Dirección de agua potable y saneamiento básico, 2000).

2. Dotación. La dotación neta corresponde a la cantidad de agua mínima requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas (Dirección de agua potable y saneamiento básico, 2000).

3. Correcciones de la dotación neta

a. Efecto del tamaño de la población en la dotación neta. Para los niveles alto y medio alto de complejidad, la dotación neta puede corregirse teniendo en cuenta el efecto del tamaño de la población en el consumo, es necesario considerar que en una población de mayor tamaño puede existir un número mayor de actividades que requieran agua, tales como máquinas de limpieza, lavado de automóviles, y otros. El ajuste por tamaño de población se justifica con registros históricos (Dirección de agua potable y saneamiento básico, 2000)

b. Efecto del clima en la dotación neta. Teniendo en cuenta el clima predominante en el municipio, el diseñador puede variar la dotación neta establecida con anterioridad

Clima cálido (Más de 28°C)= +15%

Clima templado (Entre 20°C y 28°C)= +10%

Clima frío (Menos de 20°C)= N/A

4. Demanda

a. Caudal medio diario (Qm). El caudal medio diario es el caudal medio calculado para la población proyectada, toma en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qm = p*d /86400 \qquad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

p= población, cantidad de habitantes por casa.

d= demanda agua (litros).

b. Caudal máximo diario (QMD). Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas, durante el período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1.

$$QMD = k1* Qm \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$k1$=coeficiente máximo de consumo diario, es igual a 1.3 para caudales menores a 100L.

c. Caudal máximo horario (QMH). Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año, sin tener en cuenta caudales de emergencia.

$$QMH = QMD * k2 \qquad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

k2= coeficiente de consumo máximo horario, es igual a 1.6 para caudales menores a 100L.

EE. TIPOS DE PROCESOS PARA PURIFICACIÓN DEL AGUA

La calidad del agua oscila considerablemente de una fuente a otra, es por ello que el tipo de tratamiento requerido para producir agua potable también varía. Según la calidad del agua cruda, el grado de complejidad del tratamiento es diferente. Para seleccionar el diseño del purificador de agua se toma en cuenta el factor económico y la calidad del agua de entrada y de salida

requerida, así como las normas establecidas por COGUANOR para la calidad del agua potable (Rojas, 1999).

Cuadro 18. Tratamientos recomendados para diferentes fuentes a fin de producir agua con riesgo viral insignificante[a]

Tipo de fuente	Tratamiento Recomendado
Aguas subterráneas	
Pozos profundos protegidos esencialmente libres de contaminación fecal.	Desinfección[b]
Pozos superficiales no protegidos; contaminación fecal.	Filtración y desinfección
Aguas superficiales	
Aguas embalsadas protegidas en tierras altas; esencialmente libres de contaminación fecal.	Desinfección
Aguas embalsadas o ríos en tierras altas no protegidas; contaminación fecal.	Filtración y desinfección
Ríos no protegidos en tierras bajas; contaminación fecal.	Desinfección previa o almacenamiento, filtración y desinfección
Cuenca hidrográfica no protegida; contaminación fecal considerable.	Desinfección previa o almacenamiento, filtración, tratamiento suplementario y desinfección.
Cuenca hidrográfica no protegida; contaminación fecal manifiesta	No se recomienda su utilización para el abastecimiento de agua potable

Fuente: Rojas, 1999

[a] Para todas las fuentes, antes de la desinfección final no se debe superar una mediana de turbiedad de 1 unidad nefelométrica (UNT) ni 5 UNT en muestras aisladas.

La desinfección no debe producir una concentración residual de cloro en estado libre mayor a 0.5 mg/L y un pH debajo de 8.0.

La filtración se realiza de manera lenta con arena o rápidamente (arena, un medio doble o mixto). Puede utilizarse con tierra diatomeas o un proceso de filtración equivalente en cuanto a la reducción de virus mayor al 90%.

[b] La desinfección se realiza sólo sí se observa presencia de *E.coli* o de una bacteria coliforme termo resistente. (Organización Panamericana de la Salud, 1995).

Cuadro 19. Estándares para fuentes de agua cruda, suministro doméstico

Parámetro	Fuente excelente (requiere desinfección)	Fuente buena (filtración y desinfección)	Fuente pobre (tratamiento especial y desinfección)
DBO mg/L			
Promedio mensual	0.75 – 1.5	1.5 – 2.5	<2.5
Máximo diario	1.0 – 3.0	3.0 – 4.0	<4.0
NMP			
coliformes/100mL	50 – 100	50 – 5000	<5000
Promedio mensual	<5% sobre 100	<20% sobre 5000	<5% sobre 20000
Máximo diario		4.0 – 6.5	4.0
OD	4.0 – 7.5	>60	-
Promedio mg/L	>75	5.0 – 9.0	3.8 – 10.5
% Saturación	6.0 – 8.5	50 - 250	>250
pH promedio	<50	1.5 – 3.0	>3.0
Cloruros mg/L máx.	<1.5	0.0005	>0.005
Fluoruros mg/L	0	20 – 150	>150
Fenoles mg/L máx.	0 – 20	10 - 250	>250
Color-unidades	0 - 10		
Turbiedad, unidades			

Fuente: Rojas; 1999

Cuadro 20. Criterios para destinación de recurso para consumo humano y doméstico (mg/L)

Parámetro	Requiere tratamiento convencional: coagulación, floculación, sedimentación y desinfección	Requiere sólo desinfección
Amoníaco (como N)	1.0	1.0
Arsénico	0.05	0.05
Bario	1.0	1.0
Cadmio	0.01	0.01
Cianuro	0.2	0.2
Cinc	15.0	15.0
Cloruros	250.0	250.0

Continuación cuadro 20: Criterios para destinación de recurso para consumo humano y doméstico (mg/L)

Parámetro	Requiere tratamiento convencional: coagulación, floculación, sedimentación y desinfección	Requiere sólo desinfección
Cobre	1.0	1.0
Color	75	20
Fenoles	0.002	0.002
Cromo hexavalente	0.05	0.05
Difenil policlorados	ND	ND
Mercurio	0.002	0.002
Nitratos	10.0	10.0
Nitritos	1.0	1.0
pH	5.0-9.0	6.5 – 8.5
Plata	0.05	0.05
Plomo	0.05	0.05
Selenio	0.01	0.01
Sulfatos	400.0	400.0
SAAM	0.5	0.5
Turbiedad	-	10

Fuente: Rojas; 1999

FF. MUESTREO

Con el fin de conocer las fluctuaciones anuales de la calidad del agua en la fuente, el diseñador requiere hacer un monitoreo y control de la calidad del agua en la fuente, por lo menos durante un ciclo hidrológico completo, tomando muestras mensualmente. En caso de ser imposible el desarrollo del anterior plan de monitoreo, el diseñador necesita tener suficiente información sobre la calidad del agua en la fuente en épocas secas y en épocas de caudales máximos (Organización Panamericana de la Salud, 1995).

Los programas de muestreo ser realizan de acuerdo a las normas NTC ISO 5667-1, NTC ISO 5667-2. Según el tipo de fuente, así es la norma técnica que se aplica.

Cuadro 21. Normas técnicas que deben seguirse en los muestreos

Tipo de fuente	Norma técnica
Lagos naturales y artificiales	NTC ISO 5667-4
Ríos y corrientes	NTC ISO 5667-6
Agua marina	NTC ISO 5667-9

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 1995

En el Cuadro 22 se presentan los procesos de purificación de agua más usados en la actualidad así como el objetivo de cada uno de ellos.

Cuadro 22. Proceso de purificación de agua.

Proceso	Propósito
Tratamiento preliminar	
Cribado	Remoción de desechos grandes.
Pretratamiento químico	Remoción algas y elementos sabor, olor y color.
Presedimentación	Remoción grava, arena, limo y otros materiales sedimentables.
Aforo	Medida de agua cruda a tratar.
Tratamiento principal	
Aireación	Remoción de olor y gases disueltos; mejorar sabor.
Coagulación/floculación	Conversión de sólidos no sedimentables en sedimentables.
Sedimentación	Remoción de sólidos sedimentables.
Ablandamiento	Remoción de dureza
Filtración	Remoción de sólidos finos, flóculo en suspensión y la mayoría de los microorganismos.
Adsorción	Remoción de sustancias orgánicas y color
Estabilización	Prevención de incrustaciones y corrosión
Fluoruración	Prevención de caries dental
Desinfección	Exterminio de organismos patógenos

Fuente: Rojas; 1999

La efectividad de los principales procesos usados en el Cuadro 22 se indican a continuación con un signo +, hasta un límite de cuatro; los efectos indirectos se registran por paréntesis colocados alrededor y especificados al pie del Cuadro 23.

Cuadro 23. Atributos comunes del agua por los procesos convencionales

Atributo (a)	Aireación (b)	Coagulación, floculación y sedimentación (c)	Ablandamiento con cal-soda y sedimentación (d)	Filtración lenta en arena sin (c)	Filtración rápida en arena precedida de (c)	Cloración
Bacterias	0	+	+++[1,2]	++++	++++	++++
Color	0	++	0	+	++++	0
Turbidez	0	+++	++[2]	++++[3]	++++	0
Olor y sabor	++[4]	+	++[2]	+	++	++++[5] _ _[6]
Dureza	+	- -[7]	++++[11]	0	--[7]	0
Corrosividad	+++[8] _ _ _[9]	--[10]	11	0	_ _[10]	0
Hierro y Magnesio	+++	+[12]	++	++++[12]	++++[12]	0

Fuente: Rojas,1999

1. Cuando se producen valores muy altos de pH.
2. Inclusión precipitada.
3. Turbidez altos en filtros se taponan muy rápidamente.
4. Sin incluir sabores clorofenoles.
5. Cloración o supercloración al punto decloración.
6. Cuando se emplea (5) en presencia de olores y sabores intensos.
7. Algunos coagulantes convierten carbonatos en sulfatos.
8. Mediante la remoción de dióxido de carbono.
9. Mediante adición de dióxido de carbono.
10. Algunos coagulantes introducen dióxido de carbono.
11. Variable, metales con pH altos.
12. Después de la aireación.

GG. ESPECIFICACIONES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO: NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA (COGUANOR NTG 29001)

El Cuadro 24 presenta la relación de las sustancias inorgánicas que pueden encontrarse en el agua y que son significativas para la salud.

Cuadro 24. Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud.

Substancia	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	0,010
Bario (Ba)	0,70
Boro (B)	0,30
Cadmio (Cd)	0,003
Cianuro (CN^-)	0,070
Cromo total (Cr)	0,050
Mercurio total (Hg)	0,001
Plomo (Pb)	0,010
Selenio (Se)	0,010
Nitrato (NO_3^-)	50,0
Nitrito (NO_2^-)	3,0

Fuente: Comision Guatemalteca de Normas, 2010

HH. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y se transportan por medio de alcantarillados. Por lo general, se le considera aguas residuales domésticas a los líquidos provenientes de las viviendas o edificios comerciales. La generación de aguas residuales es un producto inevitable de las actividades humanas. El tratamiento y disposición apropiada de éstas supone el conocimiento de sus características físicas, químicas y biológicas (Romero, 1999).

El Cuadro 25 presenta la comosición típica de las aguas residuales domésticas, según clasificación presentada por Romero (1999).

Cuadro 25. Composición típica de las aguas residuales domésticas

Parámetros	Concentración
Sólidos totales	720 mg/L
Sólidos disueltos	500 mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L
Sólidos suspendidos	220 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L
Sólidos sedimentables	10 mg/L
DBO	220 mg/L
COT	160 mg/L
DQO	500 mg/L
Nitrógeno total	40 mg/L-N
Nitrógeno orgánico	15 mg/L-N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L-N
Nitritos	0 mg/L-N
Nitratos	0 mg/L-N
Fósforo total	8 mg/L-N
Fósforo orgánico	3 mg/L-N
Fósforo inorgánico	5 mg/L-N
Cloruros	50 mg/L-N
Alcalinidad	100 mg/L-N
Grasas	100 mg/L-N

Fuente: Romero, 1999.

*Valores de las especies nitrogenadas individuales mg/L-N

1. Detergentes. Los agentes superficiales activos o agentes tensoactivos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, Estos poseen la característica de disminuir la tensión superficial de los líquidos. Generalmente, es una mezcla de agentes tensoactivos con sales sódicas, fosfatos, carbonatos, silicatos o boratos. Estos favorecen la formación de espumas aún en bajas concentraciones. Por otra parte, inhiben la actividad microbiológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno. Además, son fuente principal de fósforo en en las aguas residuales y causantes de la eutrofización de los lagos (Romero, 1999).

2. Fósforo. El fósforo es esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Debido al crecimiento indeseable de algas que ocurre en aguas superficiales, existe un marcado interés de removerlo de las aguas residuales.

3. Nitrógeno. Es un nutriente principal para el crecimiento de protistas y algas. Es causante, al igual que el fósforo, de la eutrofización en las fuentes receptoras, por lo que es importante la remoción del mismo (Romero, 1999)

4. Sulfatos. Su presencia es común en aguas residuales. Estos, en condiciones anaerobias, originan problemas de olor y corrosión (Romero, 1999). Los diferentes contaminantes de las aguas residuales pueden causar diferentes impactos ambientales entre los cuales se encuentran los siguientes

5. Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color y olor. El incremento de temperatura afecta a los peces; el color, olor y turbiedad hace estéticamente inaceptable el agua para el uso público (Romero, 1999).

6. Nutrientes. El C, N y P son nutrientes. Cuando se descargan pueden producir crecimiento indeseable de vida acuática (Romero, 1999).

II. ADSORCIÓN

La adsorción comprende el contacto de sólidos con líquidos o gases y la transferencia de masa en la dirección fluido a sólido. Existen dos tipos de fenómenos de adsorción, entre los que se puede mencionar adsorción física y química (Treybal, 1988).

1. Adsorción física. También llamada “van der Waals” es el resultado de las fuerzas intermoleculares de atracción entre las moléculas del sólido y la sustancia adsorbida. Por ejemplo, cuando las fuerzas atractivas intermoleculares entre un sólido y un gas son mayores que las existentes entre moléculas del gas mismo, el gas se condensará sobre la superficie del sólido, aunque su presión sea menor que la presión de vapor que corresponde a la temperatura predominante. Cuando ocurra esta condensación, se desprenderá cierta cantidad de calor, que casi siempre será algo mayor que el calor latente de evaporación, y parecida al calor de sublimación del gas. La sustancia adsorbida no penetra dentro de la red cristalina, ni se disuelve en ella, sino que permanece totalmente sobre la superficie. Si el sólido es muy poroso y

contiene muchos pequeños capilares, la sustancia adsorbida penetrará en estos intersticios, si es que la sustancia humedece al sólido (Treybal, 1988).

2. Quemisorción, o adsorción activada. Es el resultado de la interacción química entre el sólido y la sustancia adsorbida. La fuerza de la unión química puede variar de manera considerable y puede suceder que no se formen compuestos químicos, pero las fuerzas de adhesión es generalmente, mucho mayor que la observada en la adsorción física (Treybal, 1988)

3. Naturaleza de los adsorbentes. Los sólidos adsorbentes por lo general se utilizan en forma granular, van desde 12 mm de diámetro hasta granos micrómetros. Según la aplicación que se les dará en la ingeniería, así serán las propiedades que se buscan en los solidos. Si se utilizan en un lecho fijo a través del cual va a fluir un líquido o un gas, por ejemplo, no deben ofrecer una caída de presión del flujo muy grande, tampoco pueden ser arrastrados con facilidad por la corriente que fluyen. Deben ‘tener adecuada consistencia para que no se reduzca su tamaño al ser manejados o para que no se rompan al soportar su propio peso en lechos del espesor requerido. Por otro lado, si se van a sacar y meter con frecuencia de los recipientes que los contienen, necesitan fluir libremente (Treybal, 1988)

4. Adsorbentes de uso general

a. Tierras de Fuller. Principalmente son silicatos de aluminio y magnesio, bajo la forma de atapulguita y montmorillonita. Los tamaños van desde grandes gránulos hasta polvos finos. Las arcillas se usan casi siempre para decolorar, neutralizar y secar productos del petróleo tales como aceites lubricantes, aceites de transformador, querosenos y gasolinas, lo mismo que aceites vegetales y animales. Al lavar y quemar la materia orgánica adsorbida sobre la arcilla durante su utilización, el adsorbente puede utilizarse muchas veces (Treybal, 1988).

b. Arcillas activadas. Son bentonita que no tienen poder de adsorción hasta que se activan mediante el tratamiento con ácido sulfúrico o clorhídrico. Después de este tratamiento, la arcilla se lava, se seca y se reduce a un polvo fino. Por lo general, se utiliza para decolorar productos del petróleo (Treybal, 1988).

c. Bauxita. Se debe activar mediante calentamiento a temperaturas que varían entre 450 a 1 500 ºF, con el fin de activar su poder de adsorción. Se utiliza para decolorar productos del petróleo y para sacar gases; se puede reactivar mediante calentamiento (Treybal, 1988)

d. Alúmina. Es un óxido de aluminio hidratado, duro, que se activa por calentamiento para eliminar la humedad. Se utiliza principalmente como desecante de gases y líquidos. Puede reactivarse para volverse a utilizar (Treybal, 1988).

e. Carbón de hueso. Se obtiene mediante la destilación destructiva de huesos pulverizados y secos a temperaturas de 600 a 900ºC. Se utiliza principalmente en la refinación del azúcar; puede volverse a utilizar después de lavado y quemado (Treybal, 1988).

f. Carbones decolorantes. Se preparan de modos distintos. (a) Se mezcla materia vegetal con sustancias inorgánicas como cloruro de calcio; se carboniza y elimina por lixiviación la materia inorgánica. (b) Mezclando materia orgánica, como aserrín, con sustancias porosas como piedra pómez; luego se emplea calentamiento y carbonización para depositar la materia carbónica en todas las partículas porosas. (c) Se carboniza madera, aserrín y similares: luego se emplea activación con aire o vapor caliente (Treybal, 1988).

g. Carbón adsorbente de gases. Se prepara por carbonización de cáscaras de coco, semillas de fruta, carbón y madera. Requiere ser activado, con un proceso parcial de oxidación mediante tratamiento con aire o vapor caliente. Se consigue en forma granular o de lentejas; es utilizado para la recuperación de vapores de disolventes en mezclas gaseosas, máscaras de gas, recuperación de hidrocarburos de la gasolina a partir de gas natural y para el fraccionamiento de gases de hidrocarburos. Para volverlo a utilizar, puede revivirse por evaporación del gas adsorbido. (Treybal, 1988).

h. Carbón activado de malla molecular. Es una forma preparada con aberturas de poro controladas, que van desde 5 hasta 5.5 Angstroms (la mayoría de los carbones activados van desde 14 hasta 60 Angstroms). Los poros pueden admitir, por ejemplo, hidrocarburos parafínicos, pero rechazan isoparafinas de diámetros moleculares grandes. El producto es útil para fraccionar compuestos acetilénicos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas, aldehídos y muchos otros (Treybal, 1988).

i. Sílica gel. Se prepara a partir del gel precipitado por tratamiento ácido de una solución de silicato de sodio. Su contenido en humedad antes de utilizarse varía del 4 al 7% más o menos; se utiliza principalmente para la deshidratación del aire y otros gases, en máscaras de gases y para el fraccionamiento de hidrocarburos. (Treybal, 1988)

JJ. TIPO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1. Tratamiento de agua de barreras múltiples. El sistema de tratamiento utiliza diferentes materiales de bajo costo y de fácil acceso. El sistema consiste en tres tanques con diferente material de filtrado, en el cual se encuentra grava, arena y carbón (Aqueous Solution, 2013)

La ubicación del sistema se sitúa en un suelo estable y nivelado, a una menor elevación de la fuente de agua y una elevación alta del lugar, donde se utiliza el agua tratada. Esto permite el funcionamiento pasivo del sistema de tratamiento y del control mediante una válvula de flotador (Aqueous Solution, 2013).

a. Funcionamiento

1) Filtro de grava. El agua pasa por el filtro de grava, baja por una tubería hasta la parte inferior del filtro y fluye hacia arriba a través de la grava. Esto elimina la turbidez y una cierta cantidad de materia disuelta que se adhiere a las superficies de las partículas que se asientan (Aqueous Solution, 2013)

2) Filtro de arena. Estos filtros se encargan de eliminar los microorganismos y partículas por el esfuerzo físico, y algunos compuestos disueltos por adsorción sobre las superficies de los granos de arena, este filtro elimina los organismos problemáticos y compuestos químicos a través de la biodegradación. En este sistema se forma una biopelícula que se desarrolla naturalmente dentro los primeros días y continúa hasta madurar; el tiempo en que tarda en madurar se le denomina maduración y depende de la condiciones de temperatura y agua a tratar (Aqueous Solution, 2013)

La biopelícula se concentra de 1 a 3 cm del filtro de arena, y este degrada continuamente los compuestos orgánicos disueltos en el afluente. Los microorganismos que componen la biopelícula impiden el establecimiento de colonias microbianas de patógenos a través de la competencia (Aqueous Solution, 2013).

3) Filtro de carbón. El filtro de carbono funciona principalmente por adsorción. La porosidad y el área superficial grande del carbón proporcionan una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios se unen los compuestos orgánicos disueltos (Aqueous Solution, 2013)

b. Almacenamiento. El tanque de almacenamiento debe ser dimensionado para satisfacer las necesidades de agua de la comunidad. Es necesario asegurar que el agua almacenada no se contamine durante el almacenamiento (Aqueous Solution, 2013)

2. Humedales artificiales. Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual es depurada progresiva y lentamente (Delgadillo *et al*, 2010).

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

a. Aguas domésticas y urbanas.
b. Aguas industriales.
c. Aguas de drenajes de extracción minera.
d. Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbano (Delgadillo *et al*, 2010)

Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato o macrófitas flotantes libres (Delgadillo *et al*, 2010). En la figura 14 se sintetizan los diferentes tipos de humedales artificiales, es importante resaltar que existen clasificaciones según el tipo de flujo

Figura 14. Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas.

Fuente: Delgadillo *et al*, 2010

3. Humedales de flujo superficial. Estos sistemas son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta a la atmosfera (Delgadillo *et al*, 2010)

4. Humedales de flujo subsuperficial. Estos sistemas se caracterizan porque la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (Subterráneo), con una profundidad de agua cercana a 0.6 metros. Estos pueden ser de dos tipos: (Delgadillo *et al*, 2010).

a. Humedales subsuperficial de flujo horizontal. El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, en la mayoría de los casos con caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (Delgadillo *et al*, 2010).

b. Humedales subsuperficial de flujo vertical. En estos sistemas se infiltra el agua a través de un sustrato inerte y se recoge en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación del agua se efectúa intermitentemente, para preservar y estimular al máximo las condiciones anaerobias (Delgadillo *et al*, 2010)

KK. FILTRACIÓN

El primer filtro de arena se inventó en Escocia, en 1804, para el control biológico de la epidemia de cólera que ocurría en esa época (Romero, 2006).

La producción de agua clara y cristalina es prerrequisito para el suministro de agua segura y requiere de la filtración. Por ello, para lograr la clarificación se utiliza la filtración por medios porosos; generalmente dichos medios son arena o arena y antracita. Con respecto a los microorganismos es de gran importancia su remoción, puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración. El propósito principal de la filtración es remover turbiedad (Romero, 2006).

1. Mecanismo de remoción. Generalmente se piensa de los filtros como un tamiz o microcriba que atrapa el material suspendido entre los granos del medio filtrante. Sin embargo, la acción de colar, cribar o tamizar el agua es la menos importante en el proceso de filtración,

puesto que la mayoría de las partículas suspendidas pueden pasar fácilmente a través de los espacios existentes entre los granos del medio filtrante (Romero, 2006)

La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos, físicos y químicos. En aguas de consumo, la adsorción juega el papel más importante, ya que a medida que el agua pasa a través del lecho del filtro, las partículas suspendidas hacen contacto y son adsorbidas sobre la superficie de los granos del medio o sobre material previamente depositado.

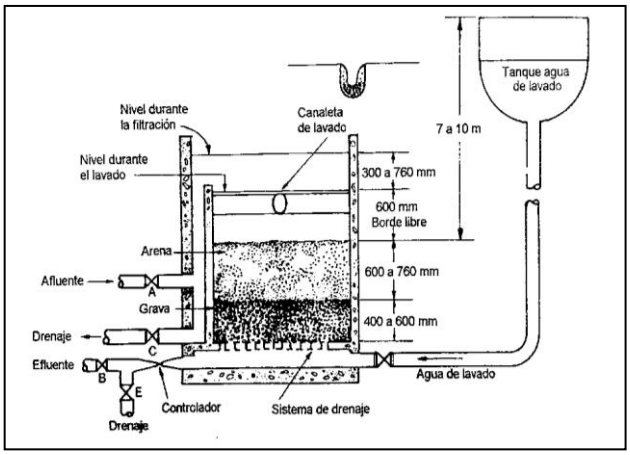
Cuadro 26. Variables principales en el diseño de filtros

VARIABLE	SIGNIFICADO
1. Caracteristicas del medio filtrante	
a. Tamaño del grano	
b. Dirstribución granolumétrica	Afecta la eficiencia de remcoión de
c. Forma, densidad y composición del grano	partículas y el incremento en
d. Carga del medio	pérdida de carga
	Determina la cantidad de sólidos
	que pueden almacenarse en el
2. Porosidad del lecho filtrante	filtro.
	Afecta la pérdidad de carga y la
3. Profundidad del lecho filtrante	duración de la carrera.
	Determina el área requerida y la
	pérdida de carga. Afecta la calidad
4. Tasa de filtración	del efluente.
5. Pérdida de carga disponible	Variable del diseño.
6. Características del afluente.	
a. Concentración de sólidos suspendidos	
b. Tamaño y distribución del flóculo	
c. Resistencia deñ flóculo	
d. Carga eléctrica del flóculo	
e. Propiedades del fluido	

Fuente: Romero, 2006

2. Descripción de la filtración. El filtro rápido por gravedad es el más usado en tratamiento de aguas. La operación de filtración supone dos etapas: filtración y lavado; ambas etapas se identifican en la Figura 15

Figura 15. Descripción de la filtración



Fuente: Romero 2006

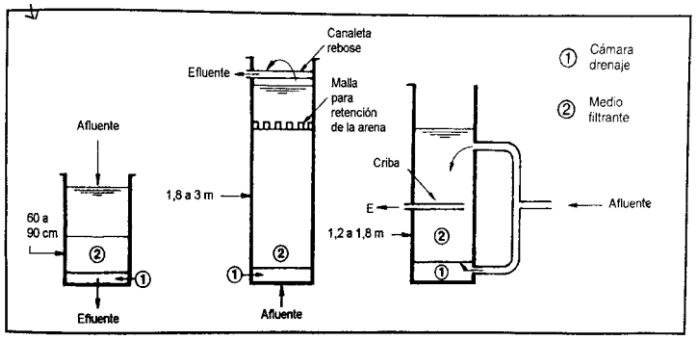
En un filtro rápido convencional, el final de la etapa de filtración o carrera del filtro se alcanza cuando los sólidos suspendidos (turbiedad) en el efluente comienzan a aumentar; cuando la pérdida de carga es tan alta que el filtro ya no produce agua a la tasa deseada, usualmente 2,4 m de pérdida, o cuando la carrera del filtro es de 36 horas o más (Romero, 2006).

3. Sistemas de filtración. Se puede hacer una clasificación de acuerdo con la dirección de flujo, el tipo de lecho filtrante, la fuerza impulsora, la tasa de filtración y el método de control de la tasa de filtración. (Romero, 2006)

a. Dirección de flujo. De acuerdo con la dirección de flujo, los filtros pueden ser de flujo hacia abajo, hacia arriba, o de flujo dual, como se esquematiza en la Figura 16

.

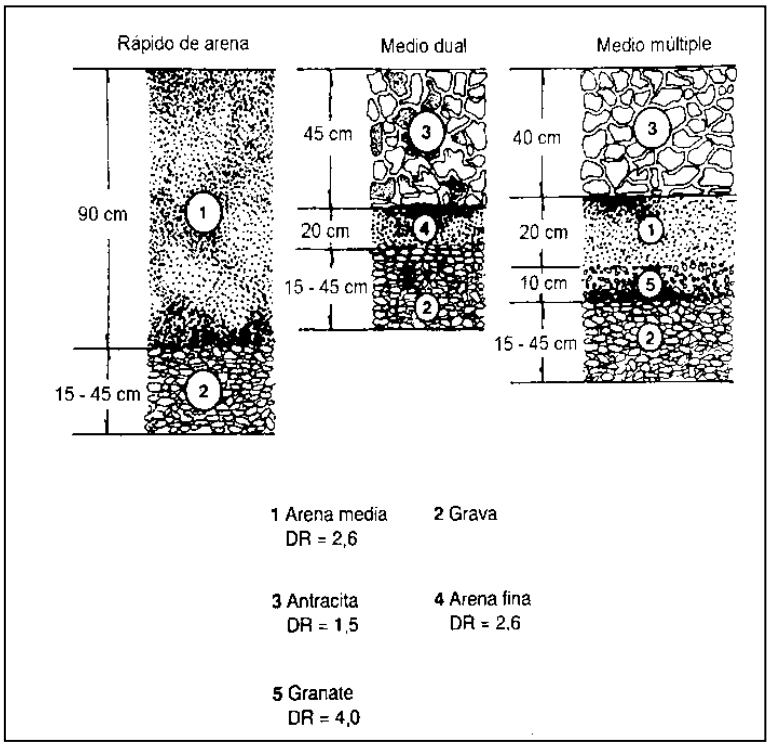
Figura 16. Tipos de filtros



Fuente: Romero, 2006.

b. Tipos de lecho filtrante. Los filtros utilizan generalmente un solo medio, arena o antracita; un medio dual, arena y antracita, o un lecho mezclado: arena, antracita y granete o ilmenita. La Figura 17 permite comparar los tres tipos de medios filtrantes comúnmente usados en tratamiento de aguas (Romero, 2006)

Figura 17. Medios de filtración



Fuente: Romero, 2006.

c. Fuerza impulsora. De acuerdo con la fuerza impulsora utilizada para vencer la resistencia friccional ofrecida por el lecho filtrante, los filtros se clasifican como filtros de gravedad o de presión. El filtro por gravedad es el más usado en plantas de purificación de agua. El filtro a presión se ha empleado principalmente en la filtración de aguas para piscinas, y en pequeñas planas donde su instalación es ventajosa (Romero, 2006)

d. Tasa de filtración. Los primeros filtros usados para tratamiento de agua fueron los filtros lentos, los cuales utilizan una capa de arena fina de 1m soportada sobre un lecho de grava de 0.30m aproximadamente. Estos filtros fueron reemplazados por los filtros rápidos (Romero, 2006). Observe las principales características en el Cuadro 27

Cuadro 27. Principales características de filtros

Características	Filtros lentos de arena	Filtros rápidos de arena	Filtros de alta tasa
Tasa de filtración	2-5(<12 m/d)	120 m/d	180 - 480 m/d
Medio	Arena	Arena	Arena y antracita
Distribución del medio	No estratificado	Estratificado: fino a grueso	Estratificado: grueso a fino
Duración carrera	20-60 días	12 -36 horas	12-36 horas
Pérdida de carga	Inicial: 0.6 m	Inicial: 0.3 m	0.3 m
	final: 1.2 m	final: 2.4-3 m	final: 2.4-3 m
Agua de lavado	No usa	2-4% del agua filtrada	6% del agua filtrada
Profundidad del medio	0.6 -1.0 m	0.60-0.75 m	Antracita 0.4-0.6m arena 0.15 -0.3 m
Profundidad de grava	0.30 m	0.30-0.45m	0.30-0.45m
Drenaje	Tubería perforada	Tubería Perforada Falsos fondos	Tubería Perforada Falsos fondos

Fuente Romero, 2006:

La tasa de filtración puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ filtración = \frac{Fuerza\ impulsora}{Resistencia\ del\ filtro}$$ Ecuación 12

La fuerza impulsora representa la pérdida de presión en el filtro, la cual empuja el agua a través del mismo. Al comenzar la carrera de filtración, el filtro está limpio; la fuerza impulsora requerida es mínima pues sólo requiere vencer la resistencia del lecho filtrante limpio y del sistema de drenaje. A medida que se efectúa la filtración, los sólidos suspendidos removidos se acumulan dentro del medio filtrante; la fuerza impulsora debe vencer la resistencia ofrecida por el lecho taponado y el sistema de drenaje. Por lo tanto, si se desea mantener una tasa constante de filtración, la fuerza impulsora tendrá que elevarse proporcionalmente al aumento que dé la resistencia del filtro; de lo contrario, el caudal a través del filtro declina y la filtración será de tasa declinante (Romero, 2006).

4. Métodos para controlar la tasa de filtración

a. Pérdida de carga constante, filtración de tasa constante. Es el tipo de control que se pretende en los filtros rápidos convencionales con controlador de flujo. El controlador variable mantiene una pérdida de carga constante al abrirse gradualmente a medida que el lecho filtrante se tapona. Al comienzo de la carrera del filtro, éste se halla limpio y tiene poca resistencia. Si la fuerza impulsora se aplicara totalmente al filtro, el caudal sería muy grande. Para mantener constante la tasa de filtración o un nivel del agua, parte de la fuerza impulsora se

consume por una válvula de control de caudal efluente. Al iniciar la carrera la válvula de control está casi cerrada para proveer la resistencia adicional requerida para mantener el caudal o el nivel de agua deseado; a medida que la filtración procede y aumenta la resistencia, la válvula se abre lentamente (Romero, 2006)

Cuando la válvula está abierta completamente se debe terminar la carrera puesto que cualquier incremento en pérdida de carga no puede balancearse con la correspondiente disminución en la oposición del controlador. Como desventajas principales de este sistema de control se encuentran los costos altos de capital y operación de los controladores; los daños continuos en dichos aparatos y los requerimientos de mantenimiento. Además, el funcionamiento defectuoso de los controladores causa cambios súbitos en las tasa de filtración, lo cual produce deterioro de la calidad del agua filtrada (Romero, 2006).

b. Pérdida de carga variable, filtración de nivel constante. Este tipo de filtro requiere el uso de un aditamento hidráulico, sifón, o una válvula de mariposa operada por un flotador, para mantener un nivel constante de agua en el filtro. Necesita de un orificio y otra restricción a la salida del filtro para prevenir las velocidades excesivas de filtración, al comienzo de la carrera del filtro la pérdida de carga en el orificio debe ser igual a la diferencia entre la pérdida de carga en el filtro limpio y el nivel de operación establecido sobre el filtro (Romero, 2006)

c. Filtración con afluente igualmente distribuido. En estos filtros, el caudal es distribuido por igual mediante un orifico o vertedero de entrada sobre cada filtro. Según Romero (2006) las ventajas de este sistema son:

1) Se obtiene filtración de tasa constante sin controladores de caudal, si el caudal total de la planta permanece constante.

2) Cuando se saca un filtro de servicio para lavado o se reincorpora a servicio después de lavado, el nivel del agua sube o baja gradualmente en los filtros en operación hasta que se obtiene la energía requerida para impulsar el flujo. Por lo tanto, los cambios en la tasa de filtración son muy leves y no se trastorna la operación del filtro, ni se daña la calidad del afluente.

3) La pérdida de energía en cada filtro es evidente por simple observación del nivel del agua en la caja de filtración. Cuando el agua alcanza un nivel máximo deseado, el filtro debe lavarse.

4) El vertedero de control tendrá que quedar a un nivel superior al de la arena para prevenir el desagüe accidental del filtro. De esta maneara, se elimina la posibilidad de presiones negativas en el filtro y el reconocido problema de entrampamiento de aire consecuencia de los gases que escapan de la solución.

Estos filtros tienen como desventaja la de requerir una profundidad mayor para permitir la descarga sobre el vertedero de control; además, la altura del filtro sobre dicho vertedero debe ser suficiente para proveer una energía de filtración adecuada (Romero, 2006).

d. Pérdida de carga variable, nivel variable, tasa declinante con vertedero de control. El afluente entra al filtro por debajo del nivel de la canaleta de lavado. Cuando el nivel del agua en los filtros es inferior al nivel de la canaleta de lavado, la instalación opera como la de afluente igualmente distribuido. Cuando el nivel del agua es superior al nivel de la canaleta de lavado la instalación es de tasa declinante. En general, el nivel del agua solo estará por debajo de la canaleta de lavado cuando se laven todos los filtros en secuencia rápida o cuando la planta haya sido sacada de servicio y se haya suspendido el afluente. En la mayoría de los casos, la pérdida de energía en la tubería, el medio y el drenaje, será del orden de 0.9 a 1.2 m y mantendrá el nivel mínimo del agua por encima de la canaleta de lavado. El nivel del agua es, esencialmente, el mismo en todos los filtros, para lo cual se provee una tubería o canal de afluente común a todos los filtros, con pérdida de carga despreciable, o sea, sin restricciones de entrada. La tubería, o canal y válvula afluente, deberá ser capaz de entregar el caudal que cada filtro pueda tomar en cualquier momento (Romero, 2006)

Se recomienda colocar un orificio o válvula sobre la tubería efluente para prevenir las altas tasas de filtración que ocurrirían cuando el filtro está limpio; dicho orificio se calcula para que no deje pasar un caudal mayor del promedio deseado (Romero, 2006).

Cada filtro acepta, en cualquier momento, la proporción del caudal total que el nivel común del agua sobre todos los filtros le permite manejar. A medida que la filtración procede, el flujo a través del filtro más sucio tiende a disminuir más rápido. Esto hace que el caudal se redistribuya de manera automática, y los filtros más limpios acepten la capacidad perdida por los filtros más sucios (Romero, 2006).

La redistribución de caudal eleva, ligeramente, el nivel del agua para proveer la energía adicional necesaria para impulsar en los filtros más limpios, el caudal disminuido de los filtros más sucios. El filtro más limpio acepta el mayor incremento de caudal en la redistribución. A

medida que el nivel del agua se eleva se afecta parcialmente, el caudal disminuido de los filtros más sucios y como resultado, el caudal no disminuye tan rápidamente como era de esperarse.

La variación de la pérdida de energía en el lecho filtrante debida al taponamiento, h2 de la pérdida, consecuencia de la fricción en el lecho limpio y en la tubería de drenaje, h1, de la cabeza total disponible, hm, del caudal y del nivel del agua en un filtro de tasa declinante, sin restricciones (Romero, 2006).

1) Para aguas que muestran tendencia a deteriorar su calidad al final de la carrera de filtración, los filtros de tasa declinante proveen un efluente mejor de la tasa constante (Romero, 2006).

2) Los filtros de tasa declinante requieren menos pérdida de carga que los de tasa constante, porque el caudal a través del filtro es menor hacia el final de la carrera de filtración. La pérdida de carga en el drenaje y en la tubería efluente disminuye (es proporcional al cuadrado del caudal) y la disminución soporta un periodo adicional de carrera, lo cual no es posible con los de tasa constante. De la misma manera, la pérdida de carga a través del lecho taponado disminuye linealmente con el caudal decreciente (Romero, 2006)

e. Flujo a través de lechos expandidos. Las ecuaciones de Rose sirven para calcular la pérdida de carga a través de un lecho limpio, es decir, un lecho de espacios libres sin obstrucciones. Sin embargo, cuando los lechos son usados para remover el material suspendido del agua, la porosidad del lecho está cambiada continuamente, debido a la recolección de las partículas en los vacíos del lecho; la pérdida de carga aumenta con el tiempo y la capacidad de flujo debe ser restablecida periódicamente. La restauración de la capacidad de flujo del lecho se hace mediante remoción de las porciones obstruidas del lecho o mediante arrastre del material acumulado en los vacíos por expansión liquida del lecho (Romero, 2006)

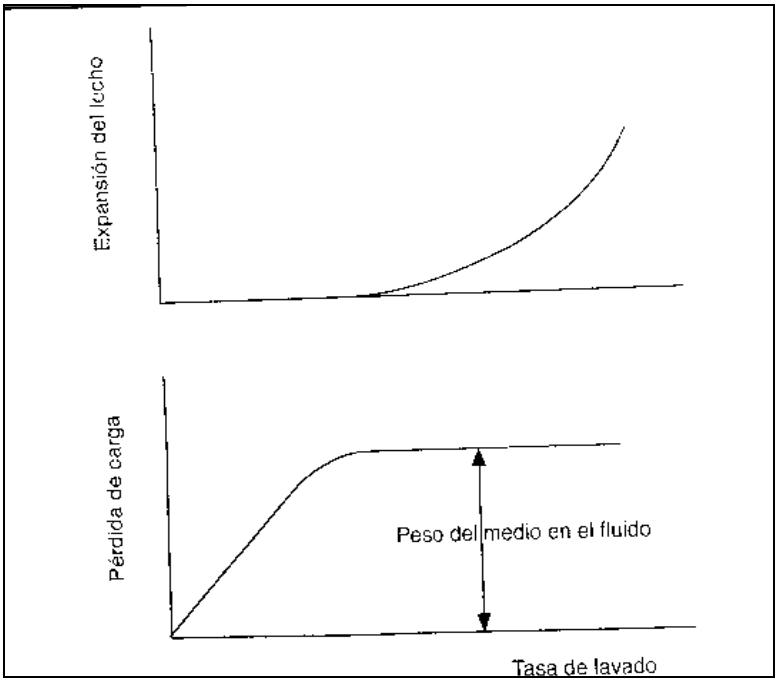
En los filtros lentos la penetración de los sólidos es superficial y la limpieza se hace mediante remoción de la capa superior del medio a intervalos de un mes o unos pocos meses, lavado y reemplazo. En filtros rápidos, los cuales se tapan mucho más rápido debido a sus cargas hidráulicas más altas, los sólidos penetran profundamente dentro del lecho y la limpieza se hace mediante lavado, en sentido inverso al de flujo, a una tasa aproximadamente igual a 10 veces la tasa de filtración normal (Romero, 2006).

En los filtros rápidos, el flujo del agua hacia arriba expande el lecho y produce una condición fluidizada de las partículas, es decir, soportadas por el fluido, en la cual el material acumulado es arrastrado de las partículas por el agua de lavado. El arrastre con aire comprimido antes del lavado hídrico mejora la limpieza y reduce el consumo de agua (Romero, 2006).

En la Figura 18 se muestra el comportamiento de un lecho poroso bajo la acción del lavado. Una vez que el agua de lavado es admitida en el fondo del filtro, el lecho comienza a expandirse y existe una pérdida de carga inicial. A medida que el lecho se expande, la tasa de incremento de la pérdida de carga disminuye, y cuando todo el lecho esta justamente fluidizado, es decir, suspendido en el fluido, la pérdida de carga se hace constante. En este punto la fuerza de lavado hacia arriba es equivalente a la fuerza gravitacional, hacia abajo, de las partículas del lecho en el agua (Romero, 2006).

Un incremento adicional en el caudal de lavado aumenta la expansión pero no la pérdida de caga. Una expansión excesiva no es deseable, puesto que las partículas serían forzadas a separarse, la acción de filtro sería reducida y el consumo de agua de lavado sería mayor (Romero, 2006).

Figura 18. Comportamiento de un lecho filtrante durante el lavado



Fuente: Romero 2006

5. Variables principales en el diseño de un filtro

a. Las características del medio filtrante. Afectan la eficiencia de remoción de partículas y el incremento en pérdida de carga, las cuales dependen de:

1) Tamaño del grano.
2) Distribución granulométrica.
3) Forma, densidad y composición del grano.
4) Carga del medio.

b. Porosidad del lecho filtrante. Determina la cantidad de sólidos que pueden almacenarse dentro del filtro

c. Profundidad del lecho filtrante. Afecta la pérdida de carga y la duración de la carrera

d. Tasa de filtración. Determina el área requerida y la pérdida de carga. Afecta la calidad del efluente

e. Pérdida de carga disponible
f. Características del afluente
g. Concentración de sólidos suspendidos
h. Tamaño y distribución del flóculo
i. Resistencia del flóculo
j. Carga eléctrica
k. Propiedades del fluido (Rojas, 1999)

LL. SELECCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

El medio ideal posee un tamaño tal que permita obtener un efluente satisfactorio; un material durable, capaz de retener la máxima cantidad de sólidos. En arena gruesa la permeabilidad es mayor que en una arena fina, aunque la porosidad y el volumen de vacíos, sea igual. Una arena puede poseer partículas del mismo tamaño, es decir, gradación uniforme; o puede estar constituida por partículas que van desde tamaño fino hasta grueso, gradación no uniforme. La arena de gradación uniforme posee mayor porosidad que una no uniforme, y por ello, mayor permeabilidad (Rojas, 1999).

El tamaño efectivo (TE), como el tamaño de partículas o del grano, en mm, tal que un 10% del material en peso es más pequeño que dicho tamaño. En otras palabras, el TE es el tamaño del tamiz, en mm, que permite el paso del 10% filtrante. El TW corresponde al tamaño promedio por conteo y es un parámetro usado para caracterizar medios filtrantes. De la misma manera, el coeficiente de uniformidad CU, como la relación del tamaño de granos que tiene un 60% más fino que el mismo, al tamaño que tiene un 10% más fino que el mismo (Rojas, 1999).

$$CU = \frac{d60}{d10} = \frac{Tamaño\ particulas\ del\ 60\%}{Tamaño\ partículas\ del\ 10\%} = \frac{d60}{TE}$$ Ecuación 13

La relación CU es entre el tamaño de partícula en peso y su TE. El coeficiente de uniformidad representa la pendiente promedio de la curva granulométrica, en la región comprendida entre los tamaños correspondientes al 60% y al 10%. Entre más bajo sea su valor, más uniforme será la gradación de arena y entre más alto sea su valor, menos uniforme será la arena.

Se demostró que la permeabilidad varía en proporción al cuadrado del tamaño efectivo. (Rojas, 1999)

Cuadro 28. Relación entre el diámetro de grano

Criterios		Retención	Uniformidad	Uniformidad
Material	arena (mm)	$d_{15}^{gravilla}$ (mm)		$d_{50}^{gravilla}$ (mm)
	0,5	2,45	4,9	12,45
	0,6	2,94	4,9	14,94
	0,7	3,43	4,9	17,43
	0,8	3,92	4,9	19,92
	0,9	4,41	4,9	22,41
	1	4,9	4,9	24,9

Fuente: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, 2009

1. Caracterización del medio filtrante

a. Arena. El TE de 0.45-0.55mm y el CU de 1.2-1.7. La arena para filtros tendrá una solubilidad en ácido clorhídrico al 40%, en 24 horas, menor al 5%; una gravedad específica mayor de 2.5 y será limpia y bien gradada, según la norma AWWA B100-53. El coeficiente de uniformidad varía entre 1.3 y 1.7 (Rojas, 1999).

b. Antracita. Según el estándar D 388-84 de la ASTM, se clasifica el carbón como antracitico cuando tiene un carácter no aglomerante y cumple las siguientes especificaciones

Cuadro 29. Carbones de clase antracítica

Grupo	% Material volatile
Metaantracita	<2
Antracita	<2 y <8
Semiantracita	>8 y <14

Fuente: Rojas, 1999

El carbón triturado en vez de arena como medio granular filtrante, según AWWA, estándar B100-72, la antracita para filtros precisa ser limpia, dura, con dureza de 2.7 en la MOHS, gravedad específica mayor de 1.4, solubilidad menor del 1% y coeficiente de uniformidad menor de 1.7. Los filtros de antracita pueden usar un lecho de 60-70 cm con tamaño efectivo de 0.7mm o mayor (Rojas, 1999).

El tamaño efectivo de la particulas de carbón se puede determinar por la siguiente ecuación

$$TE\ carbón = 2\ TE\ arena \quad \text{Ecuación 14}$$

c. Arena-Antracita. Teóricamente, el tamaño y el espacio libre de las partículas de un medio filtrante obligan a variar uniformemente, entre grueso y fino, en la dirección del flujo, a través de un filtro, con el objeto de remover en la zona de medio grueso el material más grueso y en la zona de medio fino el material más fino. Así se aprovecha mejor toda la longitud del lecho filtrante, se incrementa la tasa de filtración y se mejora la tasa del efluente (Rojas, 1999)

Debido a la diferencia entre densidades, antracita 1.4 y arena 2.56, la antracita, de tamaño apropiado según el tamaño de la arena, permanece encima de la arena durante el lavado y permite purificar aguas con turbiedades menores de 15 UTJ, a tasas de filtración de 240-300m/d. (Rojas, 1999).

Para filtros de medio dual, la combinación apropiada está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{d1}{d2} = \left[\frac{S2-1}{S1-1}\right]^{2/3} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde d1 y d2 son los diámetros de partículas con densidades relativas S1 y S2 respectivamente. Según la ecuación anterior los granos de antracita requieren un tamaño aproximado al doble del grano de arena. (Rojas, 1999).

La combinación apropiada de arena y antracita en filtros de medio dual, asegura la misma velocidad de filtración. Por lo que se sugiere que los granos de antracita tengan un tamaño aproximadamente igual al doble del tamaño efectivo de los granos de arena (Romero, 2006).

Cuadro 30. Filtro típico medio dual

Características		Valor	
		Intervalo	Típico
Antracita	Profundidad (cm)	20-60	46
	TE (mm)	0.8-2.0	1.2
	CU	1.4-1.8	1.5
Arena	Profundidad(cm)	25-60	30
	TE (mm)	0.3-0.8	0.5
	CU	1.2-1.6	1.4

Fuente: Romero, 2006

*La profundidad de refiere a la altura del lecho; TE, es el tamaño efectivo de partícula; CU, es el coeficiente de uniformidad del material.

d. Lecho de grava. El tamaño y la profundidad de la capa inferior de grava depende del sistema de drenaje usado, asimismo, el tamaño y profundidad de la capa superior de grava obedece al tamaño de la capa inferior del medio fino (arena o antracita) que soporte (Rojas, 1999)

El lecho de grava ideal es uno en el cual ésta es casi esférica en forma, y existe un incremento uniforme en tamaño desde el techo hasta el fondo. La profundidad puede variar entre 15-60 cm. Piedras tan grandes como de 7.5 cm pueden colocarse cerca de los drenajes del filtro pero se prefiere un tamaño máximo de 2.5 cm. La capa del fondo obliga extenderse por lo menos 10cm sobre el punto de salida más alto del agua de lavado proveniente del sistema de drenaje. La grava precisa ser dura, redondeada, con densidades relativas promedio no menores a 2.5 (Rojas, 1999).

Cuadro 31. Lechos de grava para sistema inferior en filtros de arena

Descripción	No. de la capa				
	1	2	3	4	5
Profundidad de la capa en cm	10	7.5	7.5	10	10
Aberturas de malla cuadrada en pulgadas					
Pasando	1	3/4	1/2	1/4	1/8
Retenida	3/4	1/2	1/4	1/8	1/16

Fuente: Rojas, 1999

MM. HIDRÁULICA DE LA FILTRACIÓN

El comportamiento dentro del filtro depende directamente de la altura de agua necesaria para garantizar que la velocidad se encuentre dentro de los valores, para considerarse un filtro de arena lento:

$0.1 m^3/m^2/h \leq vf \leq 0.41 m^3/m^2/h$ (Rojas, 1999).

Si consideramos que el agua mantiene un régimen laminar durante la filtración y la presión constante del agua de entrada podemos utilizar la ley de Darcy, la cual establece que la tasa de filtración es directamente proporcional a la cabeza disponible y a la permeabilidad del lecho, e inversamente proporcional al espesor del medio.

$$H1 - H2 = h = \frac{vf}{k} L \qquad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

h= pérdida de carga del lecho, m.

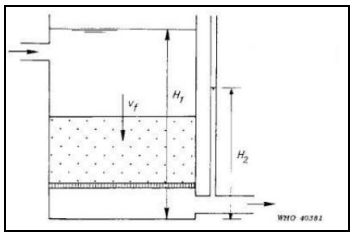
L= profundidad del lecho, m.

v= velocidad superficial, m/s

k= coeficiente de permeabilidad, m/s

A medida que pase el tiempo, la velocidad de filtración va disminuir debido a la acumulación de partículas en la arena, disminuyendo la permeabilidad. Por este motivo es recomendable asegurar una altura cruda constante encima del lecho de arena. Es decir H1 constante (Centre for affordable, 2009).

Figura 19. Esquema de flujo de un filtro



Fuente: Rojas, 1999

Mediante análisis dimensional e investigación experimental Rose estableció una ecuación que permite determinar analíticamente la pérdida de carga por fricción, a través de lechos de material granular, granos de arena esféricos, tamaño uniforme, la cual tiene aplicación en el cálculo de pérdida de energía a través de un filtro limpio. Según Romero (2006) la ecuación de Rose es la siguiente:

$$h = 1.067 C_D \frac{1}{e^4} \frac{L}{d} \frac{v^2}{g} \qquad \text{Ecuación 17}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0.34 \qquad \text{Ecuación 18}$$

$$N_{RE} = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{v d}{V} \qquad \text{Ecuación 19}$$

En donde:

h = Pérdida de carga a través del lecho, m

Cd = Coeficiente de arrastre

e = Porosidad del lecho (Volumen de vacíos/volumen del lecho)

L = Profundidad del lecho, m

ρ = Densidad del agua, kg/m^3

d = Diámetro característico de los granos, m

v = Velocidad de filtración, m/s

g = Aceleración de la gravedad, m/s^2

NRE = Número de Reynolds

μ = Viscosidad dinámica, Pa.S

V = Viscosidad cinemática, m^2/s

Existe también la ecuación de Rose para filtros rápidos:

$$\frac{h}{L} = 0.178 \frac{v^2}{g * e^4} * \frac{\alpha}{\beta} \sum C_{D_i} * \frac{P_i}{d_i} \qquad \text{Ecuación 20}$$

Y para filtros lentos:

$$\frac{h}{L} = 0.178 \frac{C_D v^2}{g * e^4} * \frac{\alpha}{\beta} \sum \frac{P_i}{d_i} \qquad \text{Ecuación 21}$$

Donde L es el grosor del lecho y h es la constante de permeabilidad.

Las ecuaciones 14 y 15 se utilizan si se supone un lecho de tamaño uniforme. Sin embargo, para aplicarla en lechos estratificados, se debe reemplazar adecuadamente el diámetro de la partícula (Rojas, 1999).

El tamaño de diámetro partícula para lechos no uniformes con tamaño de partícula uniforme

$$d = \frac{\alpha V}{\beta A}$$ Ecuación 22

Donde:

A= área superficial real del grano.

V= volumen superficial real del grano.

α= factor de forma de área superficial.

β= factor de forma de volumen.

Por otra parte la relación área-volumen, (A/V) en términos de componentes para filtros rápidos

Esta ecuación se utiliza para filtros de lechos estratificados.

$$\frac{A}{V} = \frac{\alpha}{\beta}\sum CDi\frac{Pi}{di}$$ Ecuación 23

Donde:

Pi= Fracción en peso de partículas de tamaño di.

di= $(d1d2)^{1/2}$, tamaño promedio geométrico de las aberturas de los tamices adyacentes.

CDi= Coeficiente de arrastre para los granos de tamaño promedio di.

Cuadro 32. Valores aproximados de factores de forma para la arena

Tipo de arena	β	α/β
Angular	0.64	6.9
Afilada	0.77	6.2
Erosionada	0.86	5.7
Redondeada	0.91	5.5
Esférica	0.52	6.0

Fuente: Rojas, 1999

NN. CÁLCULOS PARA EL CAUDAL DEL FILTRO

Para la elección adecuada de un filtro es imprescindible el trabajo experimental mediante un filtro piloto, porque es la forma más segura de seleccionar las características de la unidad y los parámetros de diseño para una suspensión determinada.

El diseño del filtro de arena se realiza en función del caudal que consume la población por cada hora del día. Cuando se realiza un proyecto, y más si se trata de un abastecimiento de agua potable, siempre se realiza con una previsión de futuro, es decir, la población que habrá en cierto tiempo en función de la tasa de crecimiento. Con base en ello, se determina el caudal redondeado en m^3/día a necesitar (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, 2009).

Una vez conocido el caudal por día y la velocidad de filtración, se determina el área mínima que se necesita para filtrar el caudal de agua que pasa por el filtro.

$$A\ mínmia \geq \frac{Q}{vf} \qquad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

Q= caudal (m^3/h, ft^3/h)

vf= velocidad lineal filtrante (m/h, ft/h)

Cuadro 33. Relación caudal, área mínima y velocidad de filtración

Velocidad $(m^3/m^2/h)$	Caudal (m^3/h)	Área mínima (m^2)	Lado mínimo (m)
0,1	2,4583	24,583	4,95
0,2	2,4583	12,291	3,50
0,3	2,4583	8,194	2,86
0,4	2,4583	6,145	2,48

Velocidad $(m^3/m^2/h)$	Caudal (m^3/h)	Área mínima (m^2)	Lado mínimo (m)
0,1	4,9166	49,166	7,01
0,2	4,9166	24,583	4,96
0,3	4,9166	16,388	4,05
0,4	4,9166	12,291	3,50

Fuente: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, 2009

OO. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El volumen del tanque de almacenamiento depende del número de filtros y del volumen necesario.

Volumen del tanque de almacenamiento. (Centre for affordable, 2009)

$$vr = V1 * \sqrt[3]{N} \qquad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

Vr: volumen del tanque de almacenamiento (m3).

V1: volumen correspondiente de un filtro (m3).

N: número de filtros.

PP. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO FILTROS

El Cuadro 34 presenta los principales métodos de lavado y limpieza utilizados en los filtros.

Cuadro 34. Principales métodos de lavado y limpieza de filtros

Método de lavado o limpieza	Sistema de filtración
Lavado con agua en sentido ascendente.	Filtración rápida ascendente y descendente
Lavado con agua en contra corriente y lavado auxiliar superficial o subsupeficial.	Filtración rápida descendente
Lavado con aire y agua en sentido ascendente.	Filtración rápida ascendente y descendente
Introducción de aire seguida del lavado, con agua con velocidad ascendente baja.	Filtración rápida descendente
Introducción de aire seguida del lavado, con agua con velocidad ascendente elevada.	Filtración rápida ascendente y descendente
Introducción de aire y agua simultáneamente con velocidad ascendente baja, seguida de lavado con agua con velocidad ascendente elevada.	Filtración rápida descendente
Ejecución de descargas de fondo intermediario y final, antes del lavado con agua en contra corriente.	Filtración rápida ascendente
Ejecución de descargas de fondo intermediario y final.	Prefiltración en grava y en arena, con flujo ascendente

Fuente: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, 2009

QQ. TIPO DE FILTROS

Según el Instituto Carlos Slim de la Salud, (2012) existen dos tipos de filtros, según el espacio que ocupan: Verticales y Horizontales.

1. Filtro vertical. Es un filtro más económico y fácil de hacer que el horizontal, pero dura mucho menos tiempo que éste, y cuesta más trabajo darle mantenimiento. Requiere de un lugar sombreado para colocarlo. La salida del agua del lavadero debe estar más alta que la entrada del filtro, para que el agua caiga por gravedad por medio del tubo que conecta el filtro con el lavadero

Figura 20. Corte de filtro vertical

Fuente: Instituto Carlos Slim de la salud, 2012

a. Materiales para la construcción. Según el Instituto Carlos Slim de la Salud, (2012) los materiales pueden ser: Carbón, arena, grava, tubo pvc, recipiente de plástico y malla

b. Mantenimiento. Para el mantenimiento apropiado es necesario que cada semana se proceda a:

1) Desconectar la tubería que alimenta el filtro
2) Abrir el filtro
3) Remover materia orgánica que se encuentra en la primera malla.
4) Armar nuevamente el filtro.

Y cada dos meses será necesario:

1) Desconectar la tubería que alimenta el filtro.
2) Abrir el filtro.
3) Limpiar todos los componentes del filtro.
4) Armar de nuevo el filtro.

c. Desventajas

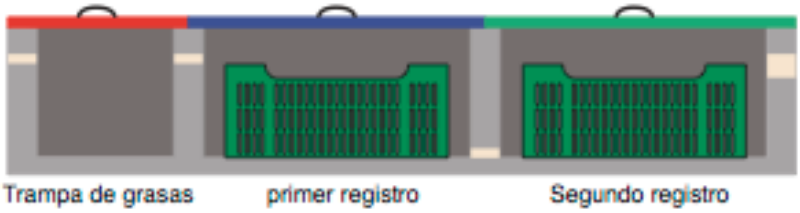
1) Se ve afectado por el sol.
2) Se va deteriorando.
3) Mantenimiento más constante (cada 2 meses y cada semana).

d. Ventajas

1) Ocupa menos espacio que el filtro horizontal.
2) Bajo costo.
3) Fácil construcción.

2. Filtro horizontal. Es de concreto, resiste el sol, la lluvia, los golpes. Puede durar muchos años. Es de fácil mantenimiento, aunque ocupa más espacio que el vertical.

Figura 21. Corte de filtro vertical



Fuente: Instituto Carlos Slim de la salud, 2012

a. Materiales para la construcción. Según el Instituto Carlos Slim de la Salud, (2012) los materiales pueden ser: Madera, concreto, malla, tubo pvc, materiales filtrantes: Grava, arena, carbón, tezontle, tepojal

b. Ventajas

1) No se ve afectado por el sol.
2) Es mucho más resistente que el filtro vertical.
3) Mantenimiento menos constante (cada 3 meses y cada 15 días).

c. Desventajas

1) Ocupa más espacio que el filtro vertical.
2) Es más costo.

RR. TUBERÍAS, ACCESORIOS Y BOMBAS

El sistema de duchas está constituido por tuberías para la distribución de agua, accesorios y un sistema de bombeo (McCabe, 2007).

1. Tuberías. Los fluidos se transportan por lo general en tuberías o tubos, los cuales tienen una sección transversal disponibles en una variedad de tamaño, espesores de pared y materiales de construcción (McCabe, 2007)

2. Selección de tamaños de tubería. El tamaño seleccionado de tubería para una instalación particular, depende de los costos de tubería y accesorios, sobre todo, de la energía requerida para el bombeo del fluido. Para el agua, la velocidad óptima de diseño está en el intervalo de 0.9 a 1.8 m/s (McCabe, 2007)

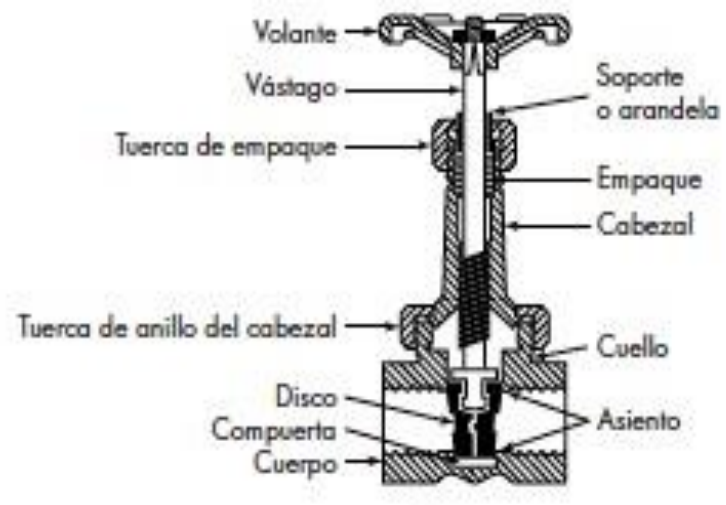
3. Conexiones y accesorios. Los métodos utilizados para unir las piezas de tuberías dependen, en parte, de las propiedades del material, pero sobre todo del espesor de pared. Los productos tubulares de pared gruesa se conectan generalmente por accesorios roscados, collarines o soldaduras. Cuando se usan accesorios roscados, se hace una rosca externa a los extremos del tubo con una herramienta adecuada para hacer la misma. La cuerda es fina, y las escasas cuerdas que están más alejadas del extremo de la tubería son imperfectasn así que se forma una unión hermética cuando la tubería se enrosca al accesorio (McCabe, 2007)

4. Válvulas. El propósito principal de las mismas es disminuir o detener el flujo de fluido que pasa por el sistema. Según el tipo de válvula, así es su función, es decir, algunas válvulas funcionan mejor cerradas o abiertas. Otras están diseñadas para suprimir o reducir la presión y la velocidad de flujo (McCabe, 2007)

a. Válvula de compuerta. En la válvula de compuerta, el diámetro de la abertura a través de la cual pasa el fluido, es casi el mismo que el de la tubería, por lo genera una caída de presión pequeña. Por lo tanto, estas se utilizan totalmente abiertas o cerradas (McCabe, 2007)

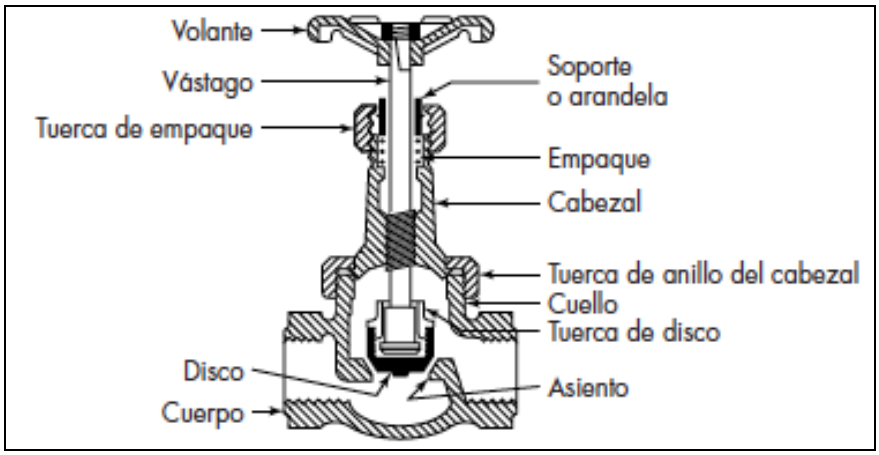
b. Válvula de globo. Se utiliza con frecuencia para controlar velocidades de flujo. En este tipo de válvulas la caída de presión es un factor importante (McCabe, 2007)

Figura 22. Válvula de compuerta.



Fuente: McCabe, 2007

Figura 23. Válvula de globo

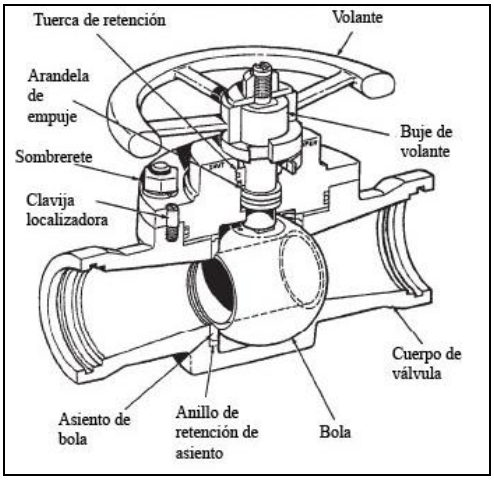


Fuente: McCabe, 2007

c. Válvula de pistón. La válvulas metálicas de pistón son útiles en tuberías de procesos químicos, para temperaturas inferiores a 250°C (McCabe, 2007).

d. Válvula de bola. En este tipo de válvulas el elemento de sello es esférico. Se utiliza como válvula de abierto y cerrado (McCabe, 2007).

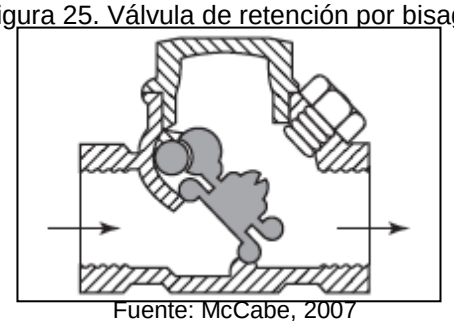
Figura 24. Válvula de bola



Fuente: Sapiesman, s. f

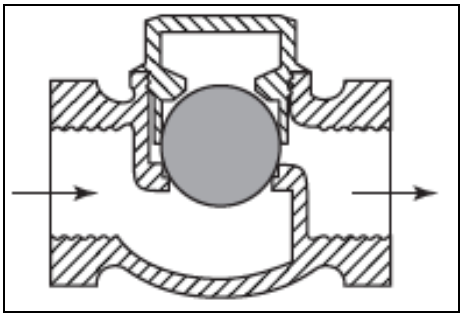
e. Válvula de retención o de cheque. Una válvula de retención permite el flujo en una sola dirección, Se abre debido a la presión del fluido en determinada dirección; cuando el flujo se detiene o tiende a invertirse, la válvula se cierra automáticamente (McCabe, 2007)

Figura 25. Válvula de retención por bisagra



Fuente: McCabe, 2007

Figura 26. Válvula de retención por elevación.



Fuente: McCabe, 2007

5. Bombas. Las bombas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación. Existen dos tipos diferentes de bombas:

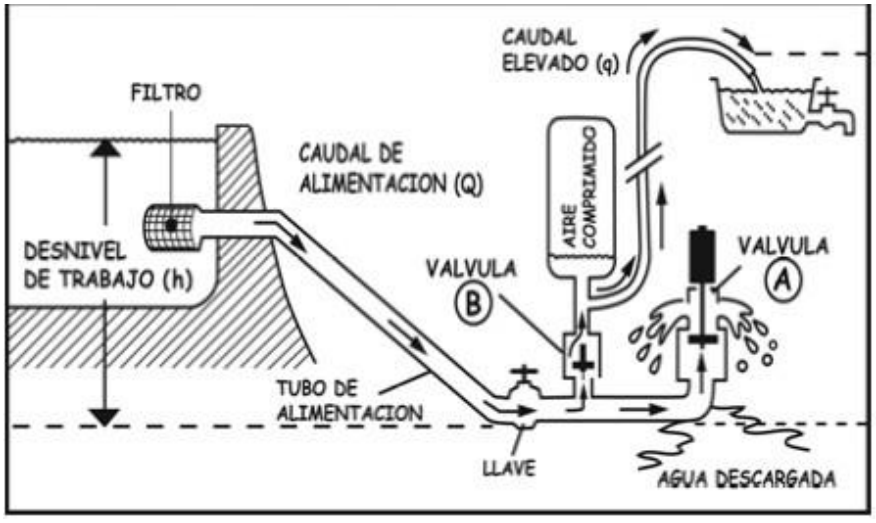
a. Bombas de desplazamiento positivo. Este tipo de bomba toma un volumen de líquido que es encerrado en una cámara, la cual se llena alternativamente desde la entrada y se descarga a una presión más alta, a través de la descarga. Existen dos subclases de este tipo de bombas:

1) Bombas reciprocantes: tienen como cámara un cilindro estacionario que contiene un pistón o émbolon.
2) Bombas rotatorias: tienen una cámara que se mueve desde la entrada hasta la descarga y regresa de nuevo a la entrada.

b. Bombas centrífugas. En esta clase de bombas la energía mecánica se aumenta por acción centrífuga. El líquido entra a través de la conexión de succión concéntrica al eje del elemento giratorio de alta velocidad llamado impulsor. El líquido fluye fuera del impulsor a una velocidad considerable mayor a la entrada del mismo (McCabe, 2007).

c. Bomba de ariete hidráulico. Es un dispositivo que opera bajo el principio de aprovechamiento del golpe de ariete. Con este efecto se cumple que por metro de altura de salto hidráulico, el ariete eleva el agua hasta 10 metros, trabajando sólo con energía de la corriente de agua (PASOLAC, s. f.).

Figura 27. Esquema de bomba de ariete hidráulico



Fuente: Pasolac, *s. f.*

d. Bomba de accionamiento manual

1) Bomba de succión. La función de esta bomba es elevar líquidos. Este tipo de bombas consta de un cilindro hueco, denominado cuerpo de bomba, que es recorrido con un frotamiento suave por un pistón (UPCT, s. f.).

2) Bomba mixta. Este tipo de bomba lleva un tubo de aspiración, que comunica el depósito del líquido con el cuerpo y un pistón macizo (UPCT, s. f.).

SS. IMPACTO AMBIENTAL EN FUENTES DE AGUA DE GUATEMALA

En Guatemala los servicios de agua potable se abastecen en un 70% de aguas superficiales en áreas urbanas y un 90% en el área rural. Sin embargo, en algunas zonas del país se encuentran marcadas las deficiencias hídricas, en particular, en el abastecimiento de agua potable en zonas urbanas como rurales (Romero, 2011).

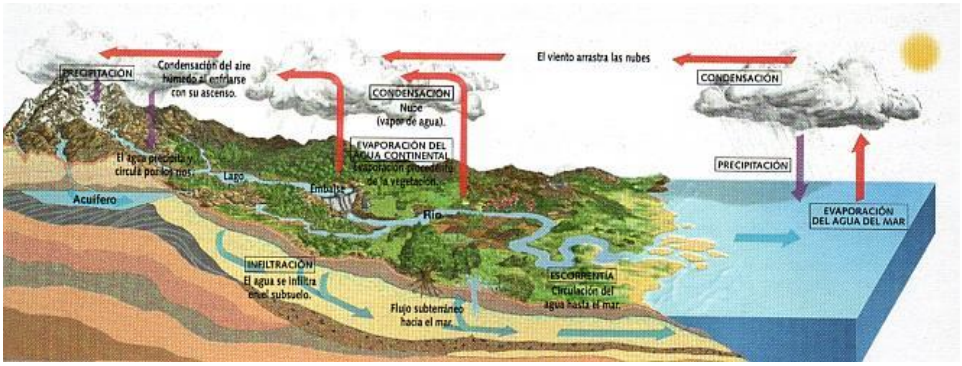
Ninguna entidad en Guatemala se hace responsable del control y seguimiento de la calidad de aguas nacionales, por lo que tampoco se dispone de datos precisos sobre el nivel y tipo de contaminación. Peor aún, no se ha realizado seguimiento alguno acerca del impacto ambiental generado por el humano, ni de la contaminación originada por agroquímicos utilizados en la agricultura. De las 329 municipalidades del interior, sólo 15 aplican tratamiento al agua, mientras el resto descarga sus efluentes, sin tratamiento alguno, a las fuentes de aguas cercanas, lo que provoca altos niveles de contaminación (Romero, 2011).

Los ríos desaguan grandes superficies de terreno por lo que la contaminación es inevitable. Todos los productos químicos utilizados en cuencas de captación se dirigen al río principal, ademásn todo este suministro de agua residual que es devuelta al río, es captada de nuevo río abajo. Se debe mencionar que la calidad de los ríos se ve deteriorada por la explotación humana como portadores de efluentes de aguas residuales (Romero, 2011).

TT. HIDROLOGÍA: CICLO HIDROLÓGICO

El agua, en la naturaleza, circula continuamente a través del interminable “Ciclo hidrológico” de precipitación, escurrimiento, infiltración (percolación), retención o almacenamiento, evaporación, evapotranspiración, nuevamente precipitación y así sucesivamente, (Tabarini, 2005) como se puede observar en la Figura 28.

Figura 28. Ciclo natural del agua



Fuente: Tabarini, 2005

1. Balance hidrológico. El balance hidrológico es una herramienta que permite describir el movimiento de los flujos de agua, dentro del ciclo hidrológico, en su forma biofísica. Eesto significa que no se consideran los aspectos relacionados al manejo y extracción del agua por los seres humanos.

Habitualmente, el balance hidrológico se formula a través de la siguiente ecuación: (Sáenz, 1995)

Ecuación 26: Balance de entradas y salidas en el ciclo hidrológico.

$$\Delta A = E - S$$

Donde:

ΔA Es la variación en el almacenamiento (en el suelo o en el acuífero)

E: Entradas al sistema:

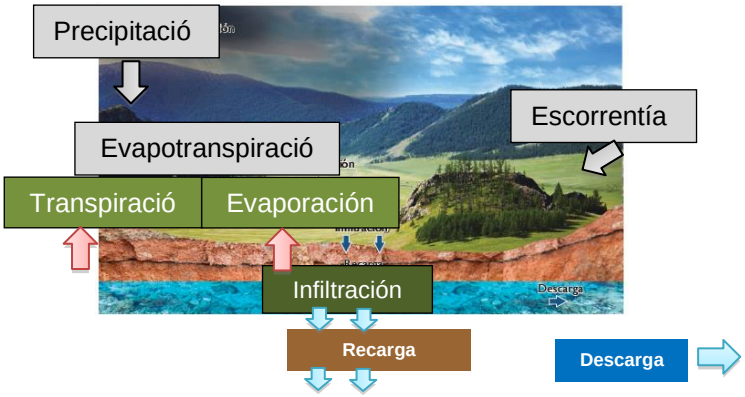
a. Precipitación
b. Importaciones de agua
c. Recarga lateral (aguas subterráneas provenientes de otras cuencas)

S: Salidas del sistema:

a. Evaporación
b. Transpiración
c. Escorrentía
d. Infiltración
e. Descarga lateral (aguas subterráneas hacia otras cuencas)
f. Exportación de agua.

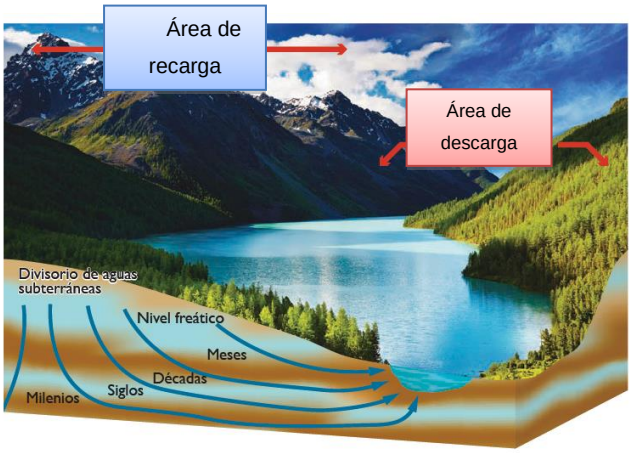
El concepto del balance hidrológico puede observarse en las figuras 29 y 30.

Figura 29. Forma simple del balance hidrológico



Fuente: IARNA (2013)

Figura 30. Esquema general de recarga y descarga



Fuente: IARNA, URL 2013, con base en USAC y Universidad Diego del Ávila (2012)

2. Balance hídrico. Como se había mencionado antes, en el balance hídrico se consideran, además de los flujos naturales del agua, los aspectos relacionados con el uso y manejo de este recurso por parte del ser humano. El término balance "hídrico" generalmente consiste en un balance entre la oferta de agua determinada por el subsistema natural y la demanda por parte de las sociedades humanas. (IARNA, 2013) Este es el concepto que se considerará en el impacto que tiene el ser humano en las fuentes de agua, y en general, en el ecosistema.

3. Fuentes de abastecimiento de agua. Se entiende por “Fuente de abastecimiento de agua”, aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aporta el agua de manera temporal, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. El agua puede o no volver a su “Fuente” original, lo cual depende de la forma en que se disponga del agua con desechos líquidos domésticos, industriales o agroindustriales.

La disponibilidad de agua de Guatemala se calcula en 97,120 millones de m^3. (BID y Segeplan, 2006). Las diversas fuentes de agua se pueden clasificar de la siguiente manera:

a. Fuentes superficiales. Éstas comprenden los ríos, riachuelos, arroyos, lagos, lagunas y embalses. El agua proveniente de fuentes superficiales generalmente contiene color y turbiedad, sobretodo en la época lluviosa; además, está expuesta a la contaminación de los animales y seres humanos, así como también a los desechos líquidos domésticos e industriales (Tabarini, 2005).

La disponibilidad anual del agua superficial se calcula en 63,421 millones de m^3. (Bid y Segeplan, 2006). Las fuentes más comunes de aguas superficiales son los ríos, ya que debido a la topografía quebrada de nuestro país, se forman afluentes de agua en las cuencas formadas por las montañas. Sin embargo, el agua proveniente directamente de los ríos casi siempre es de baja calidad, ya que se ve expuesta a toda clase de desechos que se encuentran en la superficie, así también, son vistos en nuestra cultura como medio para tirar la basura (Aguilar, 2007).

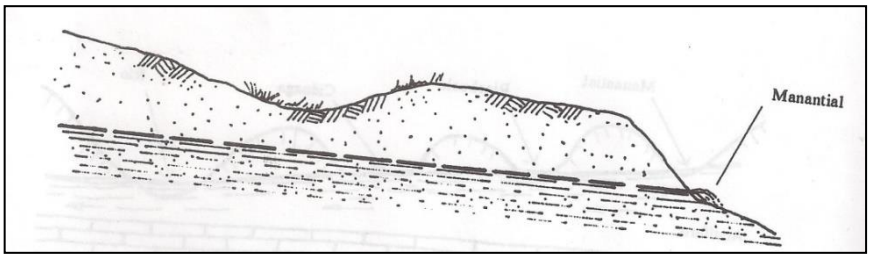
b. Fuentes subterráneas. Son los nacimientos, manantiales y pozos profundos. Es el agua que se aloja en los acuíferos bajo la superficie terrestre. Las aguas subterráneas por lo particular están libres de color y turbiedad, pero a veces pueden contener altas cantidades de hierro y manganeso o ser mineralizadas de acuerdo con la constitución geológica de las formaciones subterráneas que atraviesan (Tabarini, 2005).

La disponibilidad anual de agua subterránea renovable se estima en 33,699 millones de m^3 (BID y Segeplan, 2006). Los acuíferos aluviales de la costa pacífica son los que se estiman de mayor rendimiento y algunos en el altiplano (los más estudiados). En estos lugares el agua subterránea representa la fuente de abastecimiento más utilizada (Castañeda, *et.al*, 2000).

El tipo de fuente de agua más recomendada es la de los manantiales (Aguilar, 2007) debido a la protección que tiene el agua del contacto con los contaminantes superficiales, y a su vez por la

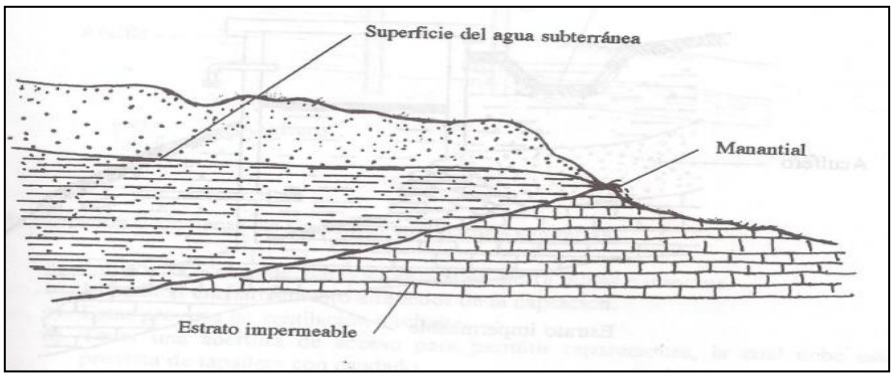
facilidad que se tiene de extraerla. Es importante resaltar aquí cómo es la formación de los manantiales, la cual puede ser debido a una elevación del nivel del manto freático en un punto, o por el afloramiento de un material impermeable.

Figura 31. Manantial debido a una elevación del nivel del agua subterránea



Fuente: Mayorga,1999

Figura 32. Manantial resultante por el afloramiento de un material impermeable



Fuente: Mayorga, 1999

4. Hidrografía

a. Regiones hidrogeológicas. La hidrografía de Guatemala se puede clasificar según el tipo de fuentes de agua en superficiales y subterráneas. Según el criterio de aguas subterráneas, el país se puede dividir en cuatro regiones hidrogeológicas.

1) Las llanuras aluviales cuaternarias de la Costa Sur. Éstas se consideran las formaciones con mayor potencial de aguas subterráneas.

2) El altiplano volcánico de rocas terciarias y cuaternarias. Éstas tienen depresiones tectónicas rellenas con depósitos piroclásticos que forman el altiplano. Aquí el potencial de ocurrencia de aguas tiene lugar a profundidades relativamente grandes.

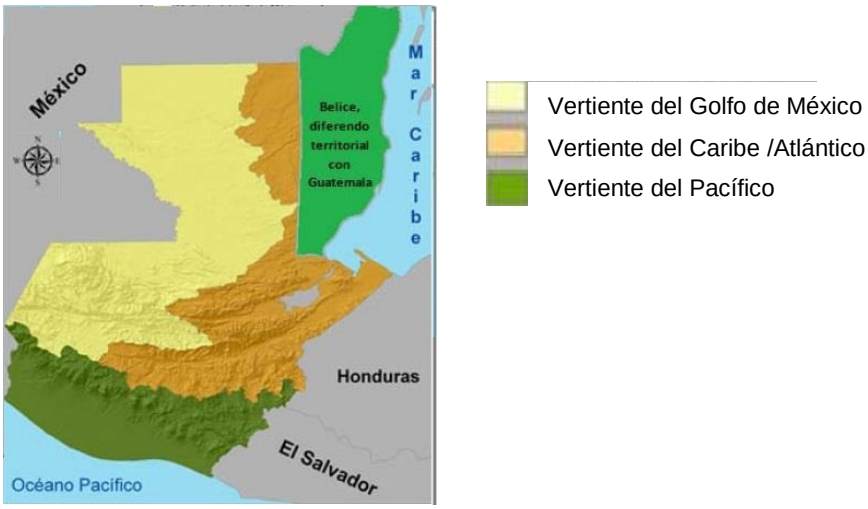
.

3) La cadena montañosa de tierras altas cristalinas. Éstas son de rocas ígneas graníticas y metamórficas, la cual es la formación con menor ocurrencia del país.

4) La región sedimentaria del Norte. Esta formación es de rocas calizas del cretácico karstificadas, donde el agua subterránea se halla en conductos kársticos, y que a pesar de su importancia, su dinámica ha sido poco estudiada.

5. Vertientes. En cuanto al criterio de aguas superficiales, los sistemas montañosos del país determinan tres grandes regiones hidrográficas conocidas como “vertientes”. Todas las aguas superficiales están comprendidas en 38 cuencas fluviales y 194 cuerpos de agua continentales. (PREPAC, 2005).

Figura 33. Vertientes hidrográficas de Guatemala.



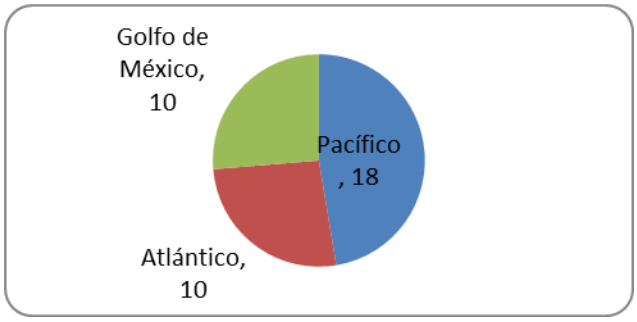
Fuente: MARN 2011

a. Vertiente del Pacífico: Es la que cuenta con mayor cantidad de ríos (18 de los 38 existentes en total). Los ríos de esta vertiente se caracterizan por ser cortos y de curso rápido (MARN, 2011)

b. Vertiente del Golfo de México: Es la vertiente con mayor área geográfica, aproximadamente el 47% del territorio nacional, y es la más caudalosa (mayor disponibilidad hídrica), en 2006 se contabilizaron 45,668 millones de metros cúbicos, lo que representa aproximadamente el 49% del caudal total de todos los ríos del país (MARN, 2011).

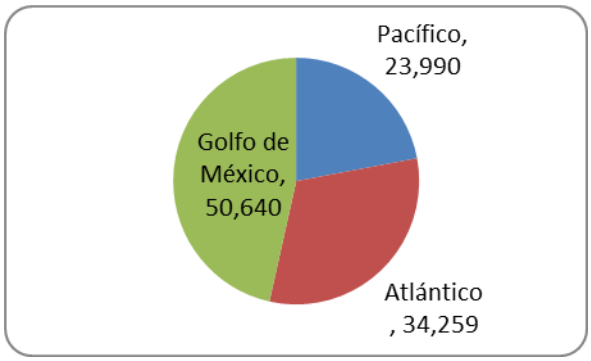
c. Vertiente del Caribe, o del Atlántico: Los ríos de esta vertiente desembocan en el golfo de Honduras, son extensos y profundos, por lo que son propicios para la navegación y la pesca. Entre los más importantes se encuentran el Motagua o Río Grande y el Río Dulce, que es desagüe natural del lago Izabal (MARN, 2011)

Figura 34. Cantidad de cuencas por vertiente



Fuente: Elaboración propia con base en datos de INSIVUMEH 2006

Figura 35. Área por vertiente en km^2



Fuente: Elaboración propia con base en datos de INSIVUMEH 2006

6. Régimen legal del agua. El agua como bien público capaz de satisfacer usos de interés general fue incorporado a un marco legal como la Constitución de 1824, 1835 y 1925 (IARNA-URL, 2005). Desde entonces se empezó a promover el cuidado y vigilancia del uso de este vital líquido

El agua como elemento abiótico se introduce al ordenamiento legal nacional por la *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente* en 1987, y se estableció al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) como la entidad encargada de la aplicación de esta ley. La misma promueve la realización de los estudios de impacto ambiental de cualquier proyecto, como medida para fortalecer la protección y recuperación del recurso agua. El artículo 15 de

dicha ley cita lo siguiente: *"Evaluar la cantidad y calidad del agua y el potencial de uso, controlar el aprovechamiento; proteger las aguas de la contaminación, regular las aguas residuales y los vertidos, promover el uso integral y el manejo de cuencas".*

La administración del agua ha sido atribución de varias entidades, algunas disposiciones legales han sido atribuidas a los ministerios del Estado, como por ejemplo: el organismo ejecutivo está encargado de las actividades de los usos sectoriales del agua (canales de irrigación y navegación). Así también, se encarga de la construcción y operación de sistemas de agua potable, dejándole como encargado de la planificación y ejecución de los mismos al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Sin embargo, no se ha atribuido a ningún ente la gestión integrada del recurso hídrico en Guatemala (IARNA –URL, 2005).

La administración del agua ha tenido tres enfoques a lo largo de la historia reciente en Guatemala: de 1959 a 1979 se tenía un énfasis en el desarrollo energético del agua. De 1970 a 1990 se orientaron las disposiciones tomadas hacia las actividades agrícolas. Y por último, de 1990 a la fecha, los esfuerzos han sido dirigidos hacia la dirección y saneamiento del agua y la ordenación legal de los servicios de agua potable y aguas residuales.

UU. ÁREAS PROTEGIDAS

Las áreas protegidas es un concepto que se ha creado para preservar ciertas zonas de las actividades humanas, según la Ley de Áreas Protegidas y su reglamento (1987), artículo 7, se definen de la siguiente forma:

> «…son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos de las de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible».

La institución nacional encargada de la generación y preservación de áreas protegidas es el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), creado por medio del Decreto 4-89. En su título II, capítulo I, artículo 13 cita lo siguiente con respecto a las fuentes de agua:

> «Como programa prioritario del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), se crea el Subsistema de Conservación de los Bosques Pluviales, de tal manera de asegurar un suministro de agua constante y de aceptable calidad para la comunidad guatemalteca. Dentro de él podrá haber reservas naturales privadas»

Existen distintas categorías de manejo de las áreas protegidas, las cuales se clasificaron para mejorar su administración:

1. Parques nacionales.
2. Biotopos.
3. Reservas de la biósfera.
4. Reservas de uso múltiple.
5. Reservas forestales.
6. Reservas biológicas.
7. Manantiales.
8. Reservas de recursos.
9. Parques marinos.
10. Parques regionales.
11. Parques históricos.
12. Refugios de vida silvestre.
13. Áreas naturales recreativas.
14. Reservas naturales privadas.
15. Otras reservas que se establezcan en el futuro con fines similares.

La Ley de áreas protegidas incorpora genéricamente las aguas como parte de procesos ecológicos esenciales y sistemas naturales vitales; y el artículo 13 establece como programa prioritario el *Subsistema de Conservación de Bosques Pluviales.* Pero no es esta la primera iniciativa de ley para la protección de las fuentes de agua en los ecosistemas. Según IARNA-URL (2005) se encuentran antecedentes de protección del agua en las leyes forestales de 1925, 1945 y 1974, así como en la Ley Agraria de 1962.

Dentro de esta Ley de Áreas Protegidas, se han incorporado mecanismos para fomentar la aplicación de la ley, por ejemplo, dentro de la clasificación anteriormente descrita entran las áreas en propiedad privada, en las cuales el propietario del terreno se encargará de cuidar el área según las normas y reglamentaciones aplicables al SIGAP, y a cambio puede recibir una exención del impuesto territorial. Además, el Título V, capítulo 1, artículo 81 castiga a las personas que, sin licencia otorgada por una autoridad competente, corten, transporten, intercambien, comercialicen o exporten ejemplares vivos o muertos de especies de flora y fauna silvestre, sancionándolos con prisión de cinco a diez años y con una multa de diez mil a veinte mil quetzales. También se le aplicará una sanción a las personas que con el fin de apoderarse de un terreno y enriquecerse ilícitamente, promueva, facilite o invada tierras ubicadas dentro de

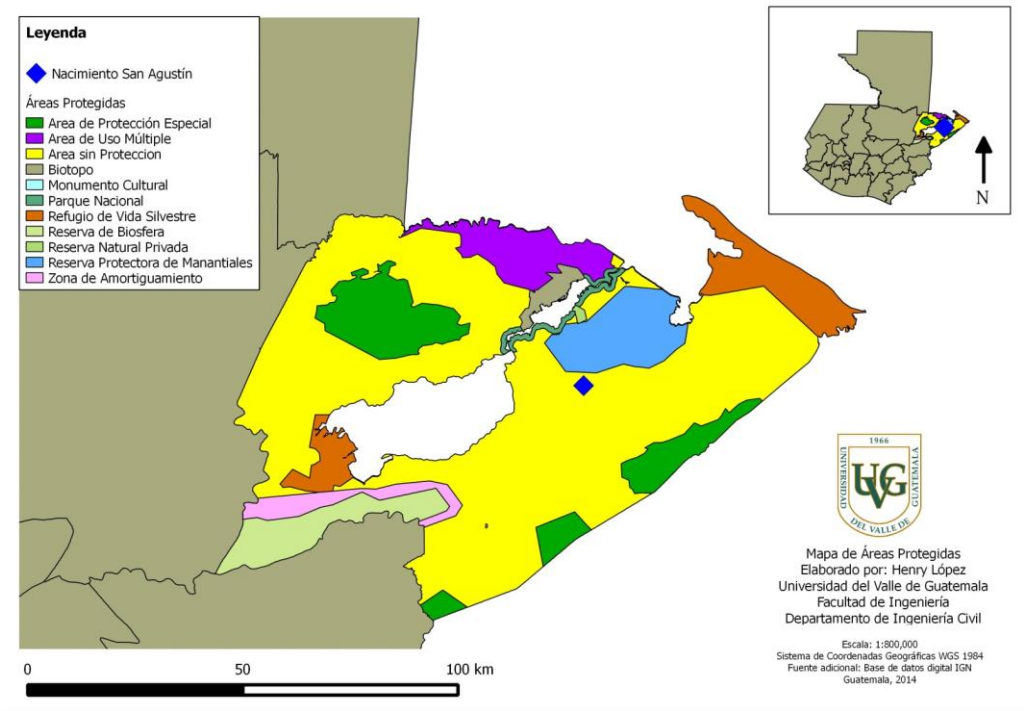
áreas protegidas debidamente declaradas, sin embargo, la pena para la usurpación es menor: prisión de cuatro a ocho años, y multa de tres mil a seis mil quetzales.

Dentro del listado de áreas protegidas y áreas de protección especial, se encuentran las siguientes en el área de Izabal:

1. Biotopo para la conservación del manatí, Chocón Machacas, Izabal.
2. Sierra Aral.
3. Reserva ecológica Cerro San Gil.
4. Punta de Manabique.
5. Sierra de Santa Cruz.
6. Montaña Espíritu Santo.
7. Río Sarstún.
8. Cumbre Alta, entre Izabal y Zacapa.

De estas áreas, se declararon de urgencia nacional la protección de la Reserva ecológica “Cerro San Gil” y “Punta de Manabique”

Figura 36. Áreas protegidas de Izabal



Fuente: Elaboración propia con referencia a la base de datos digital de IGN

VV. COBERTURA FORESTAL Y USO DE LA TIERRA

El uso de la tierra es uno de los principales factores que condicionan el ciclo hidrológico, la relación entre el uso de la tierra y la situación de los recursos hídricos es directa. Según la literatura, el bosque y la reforestación poseen muchas propiedades en cuanto a sus efectos sobre la hidrología superficial, entre los puntos más importantes que IARNA (2013) destacó en las relaciones bosque-agua se encuentran:

1. Según Bosch & Hewlet, (1982) y Bruijnzeel, (1990), la reforestación tiende a causar una disminución de la disponibilidad de agua superficial, principalmente por los volúmenes de evapotranspiración, generados según el tipo de cobertura. Un bosque tiende a consumir mucho más agua que una cobertura vegetal baja como pastos o cultivos, por lo tanto, afecta de forma directa el volumen de agua superficial disponible.

2. El punto anterior está relacionado con la regulación de los picos máximos hidrológicos, según Kaimovitz (2001), la alta capacidad de infiltración de un bosque permite que se absorba la mayor parte de la escorrentía, por lo que la cobertura boscosa permite atenuar la respuesta hidrológica de las cuencas.

3. La deforestación provoca la disminución de los caudales durante la época seca porque la pérdida de cobertura boscosa reduce las oportunidades de infiltración durante la estación lluviosa. La conversión de uso forestal hacia otros tipos de usos provoca la disminución de oportunidades de infiltración (Bruijnzeel, 2004). Hay que aclarar que muchas veces, una baja infiltración no se compensa con flujos de agua adicionales causados por una menor evapotranspiración (menos bosque).

WW. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

Según el trabajo realizado por Simmons, Tárano y Pinto en la clasificación de los suelos del país, los suelos de Izabal se clasifican en 23, divididos en 26 unidades y 4 grandes clases, que son:

1. Suelos de la altiplanicie central. Éstos abarcan menos de la cuarta parte de Izabal, están principalmente distribuidos a lo largo de la frontera con Honduras y una extensión de la sierra de Las Minas. Estos suelos se pueden adaptar a cultivos de café, cacao y hule

2. Suelos de los cerros de caliza. De estos suelos, sólo los de Semuc son poco profundos y de suave relieve. Gran parte de los suelos de Izabal se encuentran sobre roca serpentina o roca máfica en proceso de serpentinación

3. Suelos de las tierras bajas del Petén- Caribe. Éstos están formados por materiales arcillosos o piedra calizas y aluviales. Los formados sobre aluviales son los mejores, porque contienen buenos nutrientes naturales. Más de la mitad de Izabal corresponde a este tipo

4. Suelos misceláneos. En esta clasificación se incluyen los suelos del valle, los aluviales y los de Manabique, siendo todos ellos no diferenciados. Los dos primeros son áreas de primera calidad; el de Manabique está formado de arena turba y se encuentra en la península del mismo nombre. Consiste de promontorios de arena y pantanos. Los promontorios de arena son antiguas playas o lechos fluviales, como los formados por antiguos cauces del río Motagua

De la gran variedad de suelos se observan los que son propicios a inundaciones, los pantanos o cenagosos, los de aluvión. Los de caliza, los arcillosos, los arenosos y muchos más.

Según Simmons “La alta productividad de arroz y banano, son sólo un pequeño índice que marca la calidad de tierra, productividad que ha sido causa para bautizar a Navajoa como el <<granero de Izabal>> y bien podemos decir de Izabal, el <<granero de Guatemala>>”

XX. PARÁMETROS DEL DISEÑO HIDRÁULICO

1. Investigación preliminar. Antes de empezar a realizar cálculos para el diseño de un sistema de tuberías de conducción de agua, es necesario realizar una investigación preliminar que otorgue información importante para determinar preliminarmente la factibilidad técnica y la necesidad de la obra que se planee construir

Según INFOM y UNEPAR, es necesario realizar una investigación de campo en una visita preliminar en donde se identifiquen los siguientes aspectos:

a. Información sobre la localidad.
b. Población.
c. Vivienda.
d. Acceso.
e. Abastecimiento actual de agua.
f. Disposición de excretas.
g. Otros servicios existentes.
h. Fuentes de agua propuestas.
i. Organización comunitaria.
j. Recursos disponibles o aporte comunal.

Los datos sobre la monografía del lugar deben investigarse previamente, para corroborarlos y complementar con más información en la visita preliminar. Con base en toda la información se

conocerán las condiciones actuales de la comunidad. También se realizará un estudio de pre factibilidad, para considerar los aspectos técnicos, económicos y sociales y así determinar la viabilidad técnica y socioeconómica del proyecto. Para esto el INFOM plantea, en su guía (1997) realizar las siguientes actividades:

a. Determinar la población y el número de viviendas actuales, y estimar el número futuro de población y viviendas al final del período del diseño que se adopte.
b. Determinar el método topográfico a utilizar con base a la diferencia de niveles entre la fuente de agua, la comunidad y la existencia de accidentes topográficos.
c. Determinar el tipo de servicio a proporcionar con base en la capacidad de la fuente, el nivel socio-económico y la dispersión de las viviendas en la comunidad.
d. Determinar las dotaciones y las demandas máximas diarias a ser usadas en el diseño del sistema, según los rangos recomendados, así como verificar si las fuentes propuestas pueden satisfacer dicha demanda.
e. Analizar la calidad física, química sanitaria y bacteriológica de las fuentes propuestas, de acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio, y verificar que cumplan con las normas establecidas en COGUANOR 29001.
f. Analizar el interés y la capacidad económica de los habitantes para poder contribuir con la ejecución de las obras.
g. Hacer un pre dimensionamiento de las posibles obras a efectuar, tanto en agua potable como en saneamiento, estimando longitudes y diámetros de tuberías y hacer una estimación global del costo de las obras y sus valores por habitante, tanto para los valores actuales como para los valores de la proyección futura.

YY. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

El objetivo de un levantamiento topográfico es determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie terrestre de elementos naturales y construcciones. (Casanova, 2002) Se efectuará un levantamiento topográfico de las líneas que unan las fuentes de abastecimiento de agua seleccionadas con los núcleos habitacionales. También se hará un levantamiento de un trazo de ramales secundarios que puedan ubicar todas las viviendas de los núcleos poblados. Así mismo, se localizarán detalles importantes como estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas y zanjones.

A este procedimiento topográfico se le denomina poligonación. Una poligonal es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices. Para determinar la posición de los

vértices de una poligonal en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario medir el ángulo horizontal en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

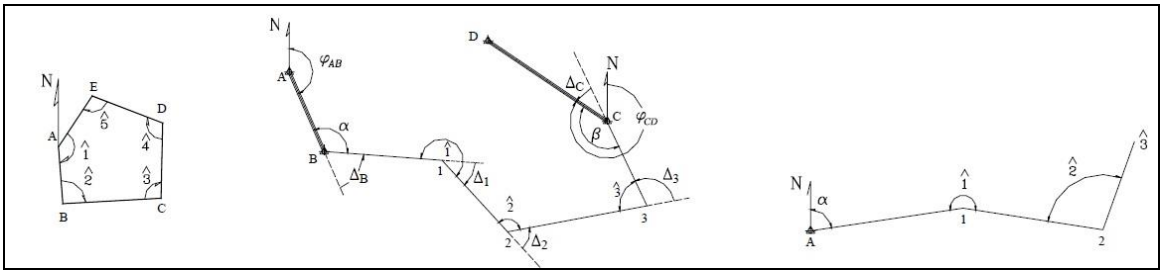
1. Clasificación de poligonales. En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

a. Poligonales cerradas: Como se puede observar en la Figura 37a, el punto de inicio es el mismo punto de cierre, esto proporciona un control de cierre angular y lineal.

b. Poligonales abiertas o de enlace con control de cierre: Así como en la Figura 37b, se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.

c. Poligonales abiertas sin control: En este tipo de poligonales no es posible establecer los controles de cierre, ya que no se conocen las coordenadas del punto inicial y/o final, o no se conoce la orientación de la alineación inicial y/o final

Figura 37. Tipos de poligonales



a. Poligonal cerrada b. Poligonal abierta con control c. Poligonal abierta sin control

Fuente: Casanova, 2002

2. Método taquimétrico. El método más utilizado en los levantamientos topográficos es la taquimetría, que significa medida rápida, y es un procedimiento que se apoya en la medición óptica de distancias para la ubicación de puntos sobre un plano horizontal y vertical.

La taquimetría es el procedimiento topográfico que determina las coordenadas Norte, Este y Cota vertical de los puntos sobre la superficie del terreno (Casanova, 2002). Hasta la década de los años 90 se utilizaba con mayor frecuencia el teodolito y miras verticales, sin embargo, con los

avances de la tecnología se introdujeron las estaciones totales electrónicas y el uso del teodolito ha sido desplazado por el uso de la estación total.

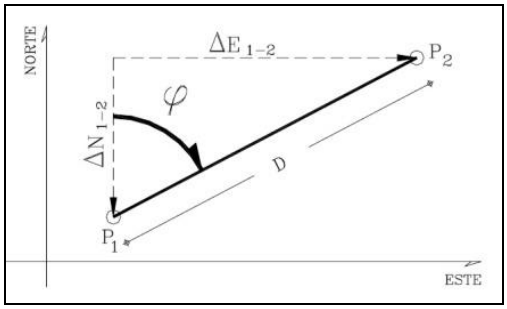
a. Método taquimétrico con teodolito y mira vertical: El fundamento de este proceso se basa en la determinación óptica de distancias en el paso de coordenadas polares a rectangulares, y en el cálculo de nivelación taquimétrica

Las proyecciones horizontales ΔE y verticales ΔN se pueden calcular con las ecuaciones que abajo se desglosan. Se pueden observar en la Figura 38.

$$\Delta N_{1-2} = D_{12} cos\ \varphi \qquad \text{Ecuación 27}$$

$$\Delta E_{1-2} = D_{12} sen\ \varphi \qquad \text{Ecuación 28}$$

Figura 38. Trigonometría de la determinación de distancias



Fuente: Casanova, 2002

La distancia entre los puntos 1 y 2 puede ser calculada con las siguientes ecuaciones:

$$D = KH cos^2 \propto \qquad \text{Ecuación 29:}$$

$$D = KH\ sen^2 \phi \qquad \text{Ecuación 30:}$$

Donde:

K: es la constante distanciométrica, generalmente tiene un valor igual a 100.

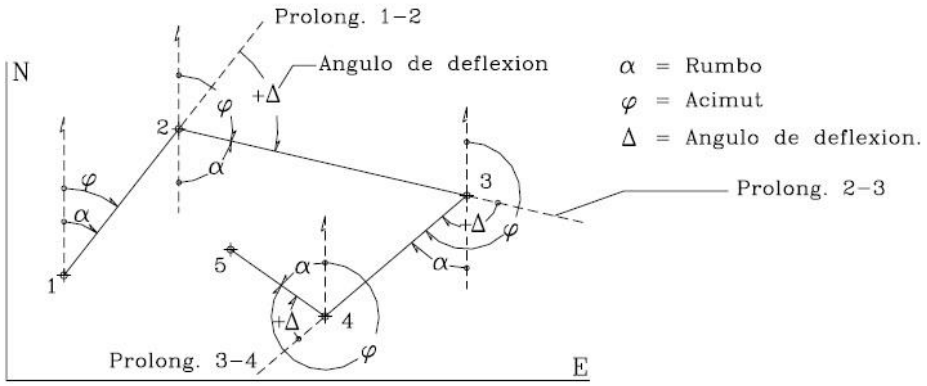
H: es el intervalo de mira o diferenica de lecturas entre el hilo superior y el hilo inferior.

α: (RUMBO) es el ángulo agudo que la dirección Norte-Sur forma con una alineación dada.

φ: (ACIMUT) es el ángulo horizontal (medido en sentido horario) formado entre cualquier alineación y el eje norte.

Estos elementos pueden ser mejor entendidos en la siguiente figura:

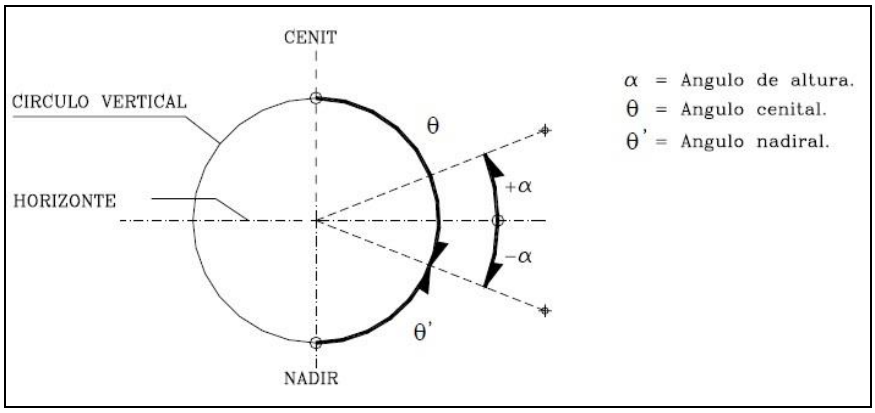
Figura 39. Tipos de ángulos horizontales



Fuente: Casanova, 2002

Los ángulos verticales se clasifican en Cenitales (θ), Nadirales (θ') y Ángulos de altura (α), como se puede apreciar en la Figura 40.

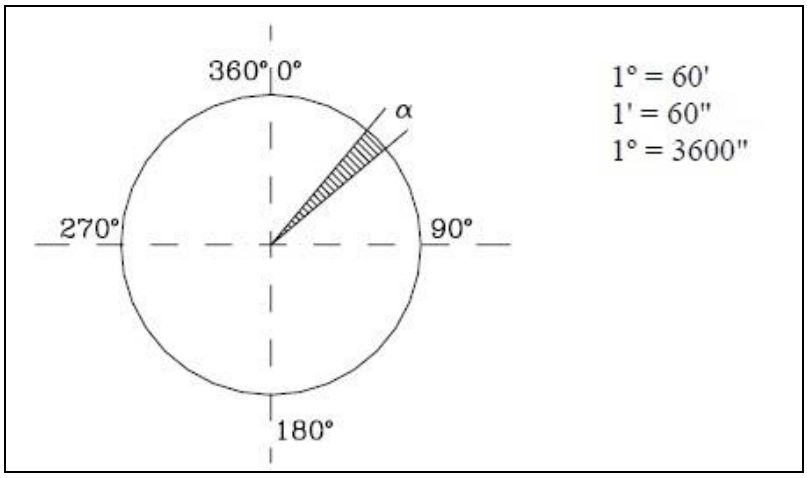
Figura 40. Tipos de ángulos verticales



Fuente: Casanova, 2002

Los ángulos pueden ser medidos en distintos sistemas, siendo el más usual el Sistema Sexagecimal, el cual divide un círculo en 360º sexagesimales (°), y cada grado en 60 min sexagesimales (´), y cada minuto en 60 seg sexagesimales (“).

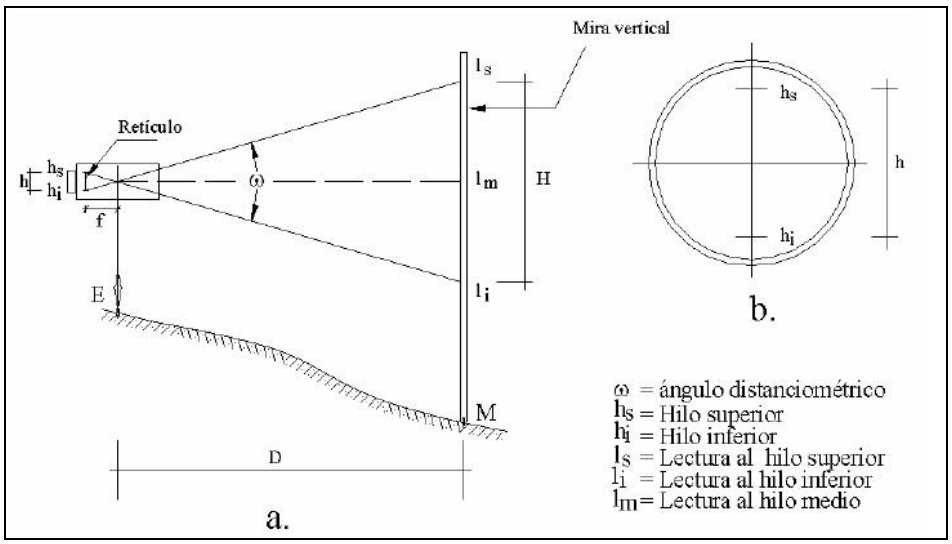
Figura 41. Sistema sexagesimal



Fuente: Casanova, 2002

La medición de las distancias con el teodolito puede apreciarse en la Figura 42.

Figura 42. Representación idealizada de telescopio



Fuente: Casanova, 2002

De esta ilustración se puede obtener, por relación de triángulos:

$$D = \frac{f}{h} H$$ Ecuación 31:

Donde:

D: es la distancia entre el punto de estación “E” y el punto de mira vertical “M”

f: distancia focal (constante).

h: separación entre el retículo superior y el inferior (constante).

H: distancia de mira interceptada por los retículos (Lectura al hilo superior – Lectura al hilo inferior).

La relación $\frac{f}{h}$ es la constante distanciométrica “K”, que generalmente tiene un valor de 100.

$$K = \frac{f}{h} = \frac{1}{2\tan\frac{w}{2}} = 100 \qquad \text{Ecuación 32}$$

Entonces la Ecuación 31, puede reducirse a:

$$D = 100 * (Ls - Li)$$

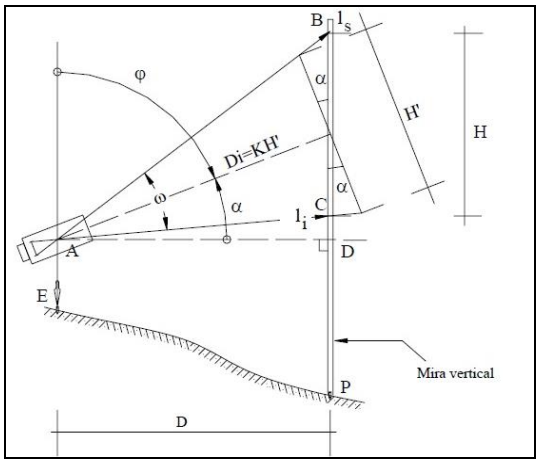
Donde

Ls: lectura al hilo superior

Li: lectura al hilo inferior

Es importante resaltar que la anterior ecuación es una representación ideal, cuando la dirección del lente es completamente horizontal, sin embargo, en terrenos con pendiente es necesario inclinar el telescopio un ángulo $\propto$ con respecto a la horizontal.

Figura 43. Medición óptica de distancia con lente inclinado



Fuente: Casanova, 2002

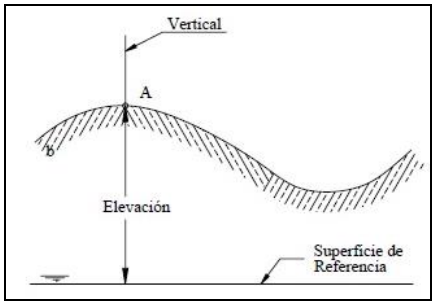
De esta configuración, la distancia horizontal D puede resumirse en la siguiente ecuación:

$$D = 100 * (Ls - Li)\, sen^2 \varphi$$ Ecuación 33:

Teniendo claro el proceso topográfico de la medición horizontal, es preciso detallar la nivelación, o el proceso de medición de las elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra.

La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado, esta distancia vertical requiere medirse a lo largo de una línea que sigue la dirección de la gravedad.

Figura 44. Elevación o altitud de un punto

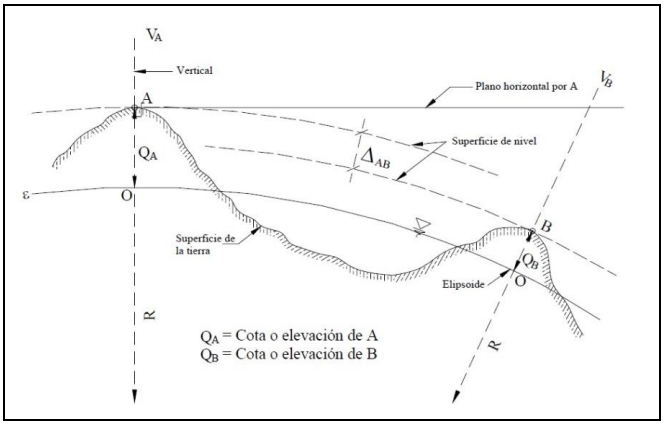


Fuente: Casanova, 2002

Definir esta superficie de referencia ha sido una ardua tarea que empezó con la determinación de la forma de la tierra, y se solía definir como la superficie del “geoide”, esto era una superficie de nivel que conicide con la superficie del agua en reposo de los océanos, como si estuviera extendido en los continentes (Zakatov, 1981).

Sin embargo, con el avance en la tecnología se ha podido descubrir que la superficie del geoide es indeterminada, ya que depende de la gravedad y ésta a su vez de la distribución de las masas, de la uniformidad de las mismas y de la deformación de la superficie terrestre. Por estas razones, se ha reemplazado la superficie del geoide por la superficie de un elipsoide que se ajusta lo suficiente a la forma real de la Tierra. De esta manera la cota absoluta de un punto es la distancia vertical entre la superficie equipotencial que pasa por dicho punto y la superficie equipotencial de referencia o superficie del elipsoide. Esta representación puede observarse mejor en la Figura 45.

Figura 45. Plano horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra



Fuente: Casanova, 2002

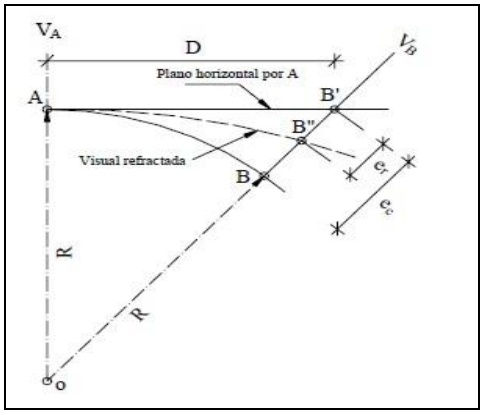
De acuerdo con este sistema, el desnivel entre dos puntos Δ_{AB} es la diferencia de elevación o cota entre ambos puntos:

$$\Delta_{AB} = Q_B - Q_A \qquad \text{Ecuación 34:}$$

En la práctica, la nivelación se ve también afectada por el efecto de la curvatura de la Tierra, ya que una visual horizontal lanzada desde un punto A, se aleja de la superficie terrestre en función de la distancia horizontal en una cantidad e_c.

Así también, la atmósfera causa una desviación en la visual lanzada desde el punto A, esto se debe al efecto de la refracción de la luz que es causada por los estratos de diferentes densidades de aire, y depende de la presión atmosférica, la temperatura y la ubicación geográfica, sin embargo se puede simplificar como función directa de la curvatura terrestre (Casanova, 2002),

Figura 46. Representación de los efectos de curvatura e_c y refracción e_r



Fuente: Casanova, 2002

Con el conocimiento de estos efectos, se han podido combinar los efectos de curvatura y refracción en una sola constante e_{cr}, y con base en la precisión requerida por ciertos tipos de nivelación, se han determinado los límites máximos horizontales, para los cuales es necesario tomar en cuenta estos efectos de curvatura y refracción.

Cuadro 35: Límites del campo topográfico planimétrico

Tipo de nivelación	e_{cr} (mm)	Distancia horizontal (m)
Nivelación geométrica de precisión	0.65	100
Mira vertical de invar y micrómetro óptico		
Nivelación gemoétrica con mira vertical	2.64	200
Nivelaciones taquimétricas	10.55	400
Determinación de puntos de relleno		
Considerar el e_{cr}	16.48	500
	65.93	>1000

Fuente: Casanova, 2002

Por último, la ecuación que representa la determinación del desnivel por taquimetría para teodolitos que miden ángulos cenitales es la siguiente:

$$\Delta_{AB} = KH * \cos(\Phi) * sen(\Phi) + h_i - l_m \qquad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

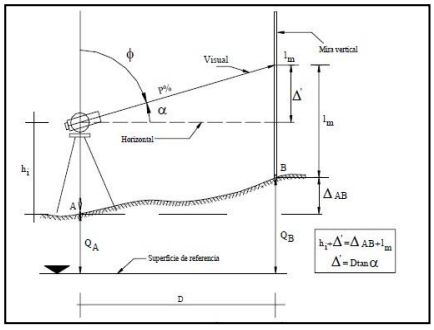
K: es la constante distanciométrica, (100 para los instrumentos modernos.)

H: es el intervalo de mira o diferencia entre la lectura superior y la lectura inferior a la mira.

hi: es la altura del nivel del suelo hacia el lente del teodolito.

lm: es la lectura del hilo medio de la mira vertical.

Figura 47. Parámetros en la nivelación trigonométrica



Fuente: Casanova, 2002

3. Método taquimétrico con estación total. El micro procesador programado de una estación total puede medir y calcular distancias verticales y horizontales, ángulos horizontales y verticales, y las coordenadas topográficas (Norte, Este, Elevación) de los puntos vistos. Esta es una gran ventaja con respecto a los teodolitos tradicionales debido a que se eliminan los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo. Los cálculos de las coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporados, que resumen las ecuaciones que describieron anteriormente los conceptos de las mediciones geométricas de la Tierra

4. Orden de los levantamientos topográficos. Dependiendo de la complejidad del proyecto determinada en el estudio de pre factibilidad, el levantamiento topográfico puede ser de primero, segundo o tercer orden. (INFOM – UNEPAR, 1997).

a. Levantamiento topográfico de primer orden. Debe usarse en sistemas por bombeo o en sistemas de gravedad cuando haya una diferencia de alturas entre puntos críticos menores a 5m/km (determinado por el estudio de pre factibilidad). Para este tipo de levantamiento es suficiente utilizar un teodolito de precisión, cinta métrica metálica de precisión y un nivel de precisión de trípode, referenciado a un B.M convencional o geodésico.

El error máximo admisible de cierre en distancia será:

$$e = \frac{L}{1000}$$ Ecuación 36:

Donde:

e: error en m

L: longitud del polígono cerrado en m

El error máximo admisible en el cierre angular de las poligonales cerradas será:

$$e = a * \sqrt{n}$$ Ecuación 37

Donde:

e: error en min

a: aproximación del aparato en min.

n: número de vértices de la poligonal.

Y el error máximo admisible en el cierre altimétrico será:

$$e = \pm 25\sqrt{k}$$ Ecuación 38:

Donde:

e: error en mm

k: longitud nivelada en Km

b. Levantamiento topográfico de segundo orden. Debe usarse cuando ocurra alguno de los siguientes criterios:

1) La distancia de la fuente a la comunidad sea mayor de 6 kilómetros.
2) Cuando en un sistema por gravedad, la diferencia de altura entre la fuente y las viviendas más altas de la comunidad sea hasta de 10m/km.
3) Cuando las viviendas a abastecer, al momento de hacer el levantamiento, sean más de 100.

Para este levantamiento es requerido como mínimo utilizar un teodolito de precisión y un método taquimétrico, y el levantamiento altimétrico se realizará como mínimo por nivelación trigonométrica con teodolito.

El error máximo admisible de cierre en distancia será:

$$e = \frac{L}{500}$$ Ecuación 39·

Donde:

e: error en metros

L: longitud del polígono cerrado en metros.

El error máximo admisible en el cierre angular de las poligonales cerradas será:

$$e = a * \sqrt{n}$$ Ecuación 40·

Donde:

e: error en min

a: aproximación del aparato en min

n: número de vértices de la poligonal.

Y el error máximo admisible en el cierre altimétrico será:

$$e = \pm 50\sqrt{k}$$ Ecuación 41·

Donde:

e: error en mm

k: longitud nivelada en Km

c. Levantamiento topográfico de tercer orden.

1) Debe usarse cuando ocurra alguno de los siguientes criterios:
2) La distancia de la fuente a la comunidad sea hasta de 6 kilómetros
3) Cuando en un sistema por gravedad, la diferencia de altura entre la fuente y las viviendas más altas de la comunidad sea de por lo menos 15m/km.
4) Cuando las viviendas a abastecer, al momento de hacer el levantamiento, sean como máximo 100.

Para este levantamiento se requiere el uso de una brújula y cinta métrica de cualquier clase. El levantamiento altimétrico se realizará como mínimo con nivel de mano o altímetro, referenciado a un B.M convencional o uno geodésico. El error máximo admisible de cierre en distancia será:

$$e = 4\ m\ por\ km\ de\ poligonal$$ Ecuación 42·

Si ocurre cierre angular, deberá volver al campo a efectuar la medición. Y el error máximo admisible en el cierre altimétrico será:

$$e = 10\ cm\ por\ km\ de\ planimetría$$ Ecuación 43·

ZZ. PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño es el tiempo durante el cual una obra va a prestar un servicio de forma satisfactoria, (Aguilar, 2007). Para poder determinarlo es necesario considerar los siguientes factores que pueden influir.

1. Vida útil de los materiales y equipos. El tiempo de vida útil es un factor importante a considerar, ya que el uso del equipo lo va deteriorando, hasta que éste ya no es capaz de proveer un servicio satisfactorio

Cuadro 36. Vida útil aproximada de materiales y equipo

Material	Vida útil (aproximada)
Tubería PVC	Más de 30 años
Válvulas	Depende del uso y mantenimiento
Equipos de bombeo	10 años o menos

Fuente: Aguilar, 2007

2. La población de diseño a servir. El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se realizará en función de una predicción de la población futura que podrá llegar a necesitar del sistema, no solo para la cantidad de personas que actualmente viven en la comunidad. Por lo tanto, el buen funcionamiento del servicio de agua dependerá también de que el crecimiento poblacional se comporte de acuerdo a lo estimado, o si hubo una subestimación o sobrestimación de la población.

3. Facilidades de ampliación. Es importante prever para ciertos casos, que de acuerdo a las necesidades de la población, ya no se dan abasto con el servicio planteado, por lo que es posible considerar el proyecto en etapas. De este modo el período de diseño también variará según estas etapas

4. Comportamiento durante los primeros años del servicio. Durante los primeros años del servicio se podrá evaluar el impacto que se tiene en la comunidad, y si la dotación prevista para los habitantes corresponde a la demanda real que ellos tengan. De esta manera, y con la evaluación de otros proyectos similares se podrá tener un criterio para establecer el período que el sistema podrá abastecer satisfactoriamente de agua a la comunidad

5. Costos de conexión y tasas de interés. Dentro de la investigación preliminar de campo es importante identificar la capacidad y la disposición de la población para realizar un aporte económico para la construcción del sistema, de esta forma se podrá evaluar el periodo de diseño, en función de la inversión monetaria a realizar y de la capacidad de pagar esta inversión

Según INFOM – UNEPAR (1997), para el abastecimiento de agua potable en las zonas rurales se recomienda un período de diseño de 20 años, cuando la entidad que está encargada corresponde a una entidad del sector privado; y un período de 25 años, cuando se realiza el proyecto por una entidad del sector público (Gobierno), ya que el proceso de aprobación y diseño del sistema, por lo general es más tardado.

AAA. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN A SERVIR

Como se había hecho mención, se diseñará el sistema en función de la población futura que llegará a hacer uso del servicio de agua, al final del período del diseño. Por lo tanto, se estimará una proyección con base en por lo menos dos métodos estadísticos, para poder realizar una comparación entre ellos, y obtener un resultado más real. INFOM- UNEPAR recomiendan que uno de ellos sea el método geométrico.

Aguilar, en sus apuntes sobre la estimación de la población futura (2007), menciona que el comportamiento de la cantidad de personas dentro de una comunidad puede verse resumido en la siguiente ecuación:

$$P_f = P_0 + (N + I) - (D + E)$$ Ecuación 44

Donde:

P_f Pf: población futura al final del período de diseño.

P_0 Po: población inicial o presente.

N: nacimientos durante el período de diseño.

I: inmigraciones durante el período de diseño.

D: defunciones durante el período de diseño.

E : emigración durante el período de diseño.

Sin embargo, como es difícil mantener un control y registros actualizados sobre datos de emigración e inmigración, es necesario realizar una aproximación matemática de la población, en función de información que se tenga disponible. Es decir, sobre censos poblacionales de la comunidad específica, o si no se tuviera un registro histórico de este, basarse en censos municipales del Instituto de Estadísticas (INE), registros municipales y de sanidad, censos escolares o levantamientos de densidad habitacional por instituciones gubernamentales. En todo caso, el diseñador verifica y evalúa esta información en el trabajo de campo.

Es importante resaltar que, uno de los factores más importantes y menos previsibles en el crecimiento poblacional de la comunidad es el crecimiento industrial y comercial de la región, (Echeverría, 2014). Esto es debido a que con el crecimiento industrial, los pobladores de la comunidad tendrán una mayor oportunidad económica, y esto representa mejores condiciones para que incremente en número la población. De acuerdo a la información que se tenga, el método para la estimación de la población futura puede ser analítico o gráfico.

1. Métodos analíticos. Éstos se pueden aplicar cuando se tiene suficiente certeza de los datos que se dispongan, los más comunes que se utilizan son los siguientes:

a. Método geométrico. Éste es el modelo matemático que más se aproxima a la descripción del crecimiento poblacional en países en vías de desarrollo. En este modelo el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta, y el patrón de crecimiento es el mismo que el del interés compuesto.

$$P_f = P_0(R+1)^n$$ Ecuación 45:

Donde:

P_f: Población futura al final del período de diseño

P_0: Población inicial o presente

R: Tasa de crecimiento geométrico

n: Período de diseño

b. Método aritmético. Éste método se considera aplicable en las zonas donde se espera que haya un crecimiento muy lento y constante, o cuando la población está bastante desarrollada, aquí se está considerando que el aumento de la población es independiente del tamaño de ésta.

$$P_f = P_0 + k(T_f - T_0)$$ Ecuación 46

Donde:

P_f: Población futura al final del período de diseño.

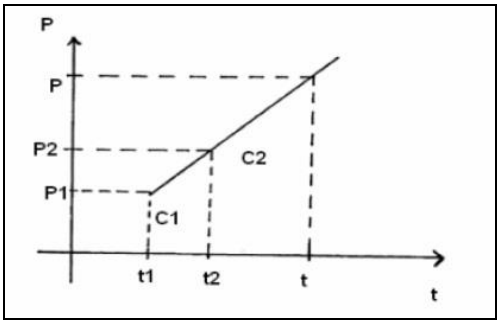
P_0: Población inicial o presente.

k: pendiente de la recta.

Tf: año de la proyección.

To: año inicial o presente.

Figura 48. Gráfica de crecimiento poblacional por el método aritmético



Fuente: Aguilar, 2007

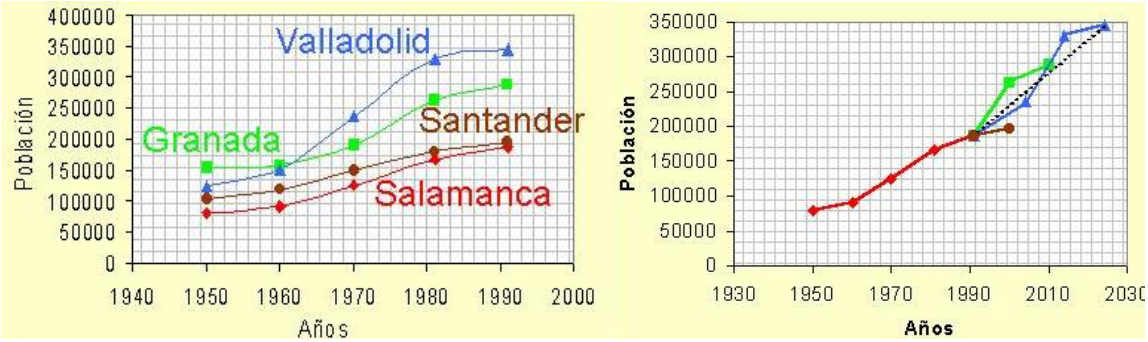
c. Método gráfico. Éste método consiste en una comparación de manera gráfica de la población en estudio y de otras tres poblaciones del país con determinadas características, y supone que el crecimiento de la población en estudio será similar a un promedio del crecimiento de las otras tres.

La población “A” será la comunidad estudiada, y las otras tres poblaciones deben tener las siguientes características:

1) Población “B”: comunidad de la misma región, similar en desarrollo, clima y tamaño.
2) Población “C”: comunidad de la misma región, similar en desarrollo y clima, pero de un número relativamente mayor de habitantes que la población “A”.
3) Población “D”: comunidad de otra región del país, pero de mayor población que la población “A”.

Con el conocimiento del crecimiento de estas tres poblaciones, según Echeverría (2014), se desplazan paralelamente hasta el último censo de la población estudiada “A”, y se adopta el promedio de los valores de población de las tres curvas desplazadas, para el año de interés.

Figura 49. Procedimiento de comparación gráfica del crecimiento poblacional



Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA), 2013

BBB.CONSUMO DE AGUA POTABLE

1. Dotación. La dotación es la cantidad de agua asignada para consumo en un día a cada usuario. Es un valor que se expresa en unidades “litros por habitante por día” (L/hab/día) (INFOM-UNEPAR, 1997)

.

Para estimar la dotación que se le asignará a la población de estudio se analizarán estudios de dotación de agua para poblaciones similares (si hay), sin embargo, en la guía de diseño de agua potable para comunidades rurales de INFOM-UNEPAR, se proponen los valores mostrados en el Cuadro 37.

Cuadro 37: Valores de dotación sugeridos con base al tipo de servicio

Tipo de servicio	Dotación mínima (L/hab/día)	Dotación máxima (L/hab/día)
Servicio a base de llenacántaros exclusivamente	30	60
Servicio mixto de llenacántaros y conexiones prediales	60	90
Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda	60	120
Servicio de conexiones intradomiciliares, con opción a varios grifos por vivienda	90	170
Servicio de pozo excavado, con bomba de mano	15	-

Fuente: INFOM – UNEPAR (1997)

Es importante establecer que el tipo de servicio para proveer agua no es el único factor que influye en su consumo por parte de la comunidad, también se deben considerar los factores que se investigarán de manera preliminar, tales como:

a. Temperatura. La temperatura del ambiente es un factor importante a ser considerado, pues mientras mayor sea la temperatura, mayor será el consumo de agua, debido a la necesidad de beber agua y asearse con mayor frecuencia.

b. Calidad del agua. La población consumirá más agua si tiene la garantía de ser de buena calidad, principalmente en la medida del color, sabor y turbidez que ésta presenta, ya que son las características más sensibles a los sentidos. Sin embargo, también notarán si el agua tiene contaminantes, si las personas se empiezan a enfermar por su consumo.

c. Características socioeconómicas. En este punto se está refiriendo al nivel de educación, tipo de cultura, y capacidad económica, de estos criterios puede derivar el tipo de uso que le den los pobladores al agua.

d. Servicio de alcantarillado. Si existen medios para evacuar las excretas u aguas servidas, es más probable que el consumo de agua sea mayor, ya que existe más facilidad para deshacerse de ella.

e. Presión en la red de distribución de agua. La presión de diseño en la red de distribución es un factor importante a considerar, ya que si hay alta presión en la red, es mayor la probabilidad de haber rupturas de los tubos, y también será mayor el desperdicio en el consumo al abrir las llaves de los chorros, lavamanos, etc.

f. Administración del servicio, medición y tarifa. El consumo del agua puede ser controlado mediante una eficiente administración, ésta también deberá vigilar que no hayan conexiones ilícitas que se hagan a la red, y ser responsable de la medición y cobro del servicio de agua a los pobladores.

2. Factores de consumo. Para el diseño del sistema de abastecimiento será necesario considerar el consumo de agua con una variación según distintos factores:

a. Caudal medio diario: El caudal medio diario es el valor de la dotación asignada para la comunidad, expresada en unidades de litros por segundo, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 47·

$$Q_{promedio} = \frac{Dotación\ (L/hab/día) * Población\ futura\ (hab)}{86{,}400} (L/s)$$

b. Caudal de consumo máximo diario "CMD". Según la guía de INFOM-UNEPAR, el consumo máximo diario será el producto de multiplicar el caudal medio diario $Q_{promedio}$ por el factor de caudal máximo diario, sin embargo, el diseñador deberá justificar la selección de dicho factor

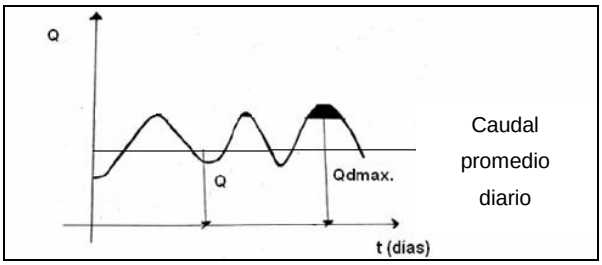
Cuadro 38. Factor de caudal máximo diario

Factor de caudal máximo diario "CMD" k_1	Condiciones
1.2	Poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes
1.5	Poblaciones futuras menores a 1,000 habitantes

Fuente: INFOM-UNEPAR, 1997

El factor puede variar entre 1.2 y 1.5, por lo que dependerá del criterio del diseñador; el propósito de este incremento en el caudal es prever la situación en que hay días del año en que el consumo es mayor que el resto, como se puede observar en la Figura 50.

Figura 50. Gráfica de la variación del caudal promedio diario



Fuente: Aguilar, 2007

El resultado de este caudal será el utilizado para el diseño de la línea de conducción de la fuente a un tanque de almacenamiento, para su posterior distribución a la comunidad.

c. Caudal máximo hora "CMH". El mismo criterio que se utilizó para calcular el caudal máximo diario será utilizado aquí, ya que existen horas en el día en que los consumos sobrepasan los valores promedios de consumo.

Para el cálculo de este caudal, el valor del factor k_2 cambiará, y podrá ser un valor entre 2 y 3, sin embargo, se utilizará un valor pequeño cuando las poblaciones sean muy grandes, y se utilizará un valor grande cuando las poblaciones sean pequeñas, ya que esto es para prever el uso simultáneo del servicio. El resultado de este caudal será comparado con el caudal de uso simultáneo, para utilizar el valor más alto de ambos cálculos en el diseño de la línea de distribución.

El factor máximo horario k_2 se multiplicará al caudal máximo diario $Q_{\max diario}$ para obtener el caudal máximo hora $Q_{\max hora}$

Cuadro 39. Factor de caudal máximo horario

Factor máximo horao "CMH" k_2	Condiciones
2	Poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes
3	Poblaciones futuras menores a 1,000 habitantes

Fuente: INFOM-UNEPAR, 1997

d. Caudal de uso simultáneo. Para el cálculo del caudal en la línea de distribución del servicio de agua, es necesario prever el uso simultáneo por parte de los habitantes de la comunidad. Por lo tanto, se define el valor de caudal de uso simultáneo de la siguiente manera:

$$q = k\sqrt{n-1}\ (^{L}/_{s})(Ecuación\ 21)$$ Ecuación 48

Donde:

q: caudal de uso simultáneo, (no menor de 0.20 L/s).

k: 0.15 L/s para conexión predial.

0.25 L/s para conexión de llenacántaros.

n: número de conexiones o llenacántaros.

CCC. IDENTIFICACIÓN, CAPTACIÓN Y AFORO DE LA FUENTE DE AGUA

Como se mencionara en el Capítulo II, existen fuentes de agua subterránea y superficiales; las fuentes subterráneas están constituidas por los acuíferos y necesitan de un sistema de bombas que extraigan el agua del nivel subterráneo a la superficie terrestre. En cambio, las aguas superficiales tienen la ventaja de aprovechadas para conducirla bajo la acción de la gravedad, dependiendo de la ubicación geográfica y diferencias de altura entre la fuente y los puntos hacia donde se quiere llevar el agua.

Por otra parte, uno de los mayores inconvenientes de la captación de una fuente de agua superficial es la contaminación a la que se puede encontrar. Los ríos pueden arrastrar cualquier desecho que se encuentre superficialmente, y a veces son utilizados como medios para tirar la basura, lavar ropa, bañarse e incluso medio para descarga de excretas. Los lagos también se ven afectados porque son los puntos en donde desembocan los ríos, por lo que se ven directamente relacionados con la contaminación en ellos.

Hay que hacer referencia aquí al agua de lluvia como fuente de agua, ya que se puede abastecer de ésta durante el proceso de precipitación del ciclo del agua, sin embargo, es una fuente que se aprovecha en la época lluviosa, y necesita de tratamiento cuando se almacena durante largos períodos de tiempo.

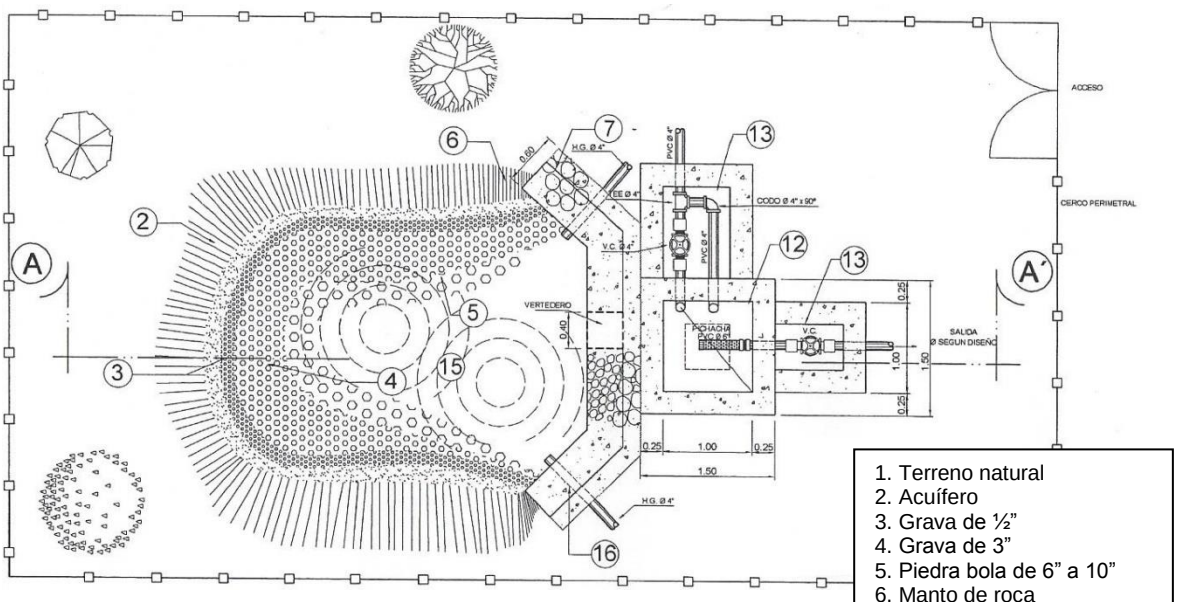
Las cajas de captación son obras que recolectan y almacenan el agua proveniente de manantiales, nacimientos, u otras fuentes. El diseño de éstas se basa en lograr el libre flujo del agua hacia un tanque de recolección y son construidas de un material impermeable que provea

de protección sanitaria. (Nimatuj, 2012). Se tiene contemplado como medida de protección, colocar una cuneta para evitar que entre el agua pluvial y un cerco, para evitar el ingreso de personas y animales.

Para los sistemas de agua rural, lo convencional es la construcción de cajas de captación de mampostería de piedra, éstas bordean el perímetro de donde surge el brote para conformar una pequeña presa, y se le incorpora un filtro construido de piedras de diámetros mayores a diámetros menores. Esta caja va conectada con una salida a nivel de piso a otra caja que contenga la boca de un tubo con una pichacha, a manera que funcione como una caja de registro, ésta deberá contar con su propia tapadera de concreto armado, asegurada con un candado. La caja de captación es el inicio de la línea de conducción; el diámetro del tubo de inicio puede ser variable en función del caudal que se va a captar (Nimatuj, 2012).

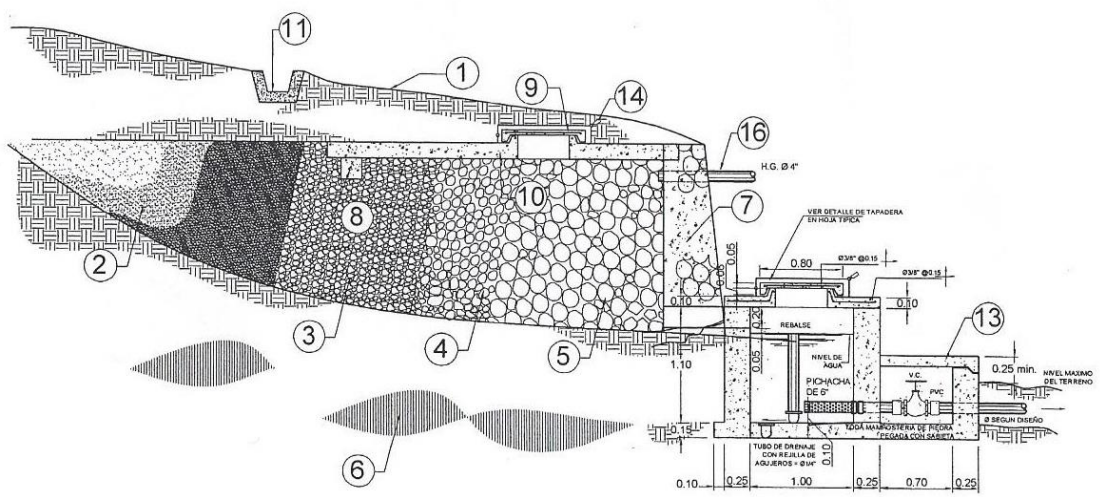
Debido a la cantidad de proyectos de introducción de agua potable en el país, INFOF y UNEPAR publicaron en 1997 el “Manual para los Equipos de Planificación”, en donde diseñaron un conjunto de obras auxiliares que son repetitivas para la mayoría de proyectos de introducción de agua potable, por ello se les denomina “obras tipo”, para poder replicarlas. Puede observarse con más detalle el sistema de una caja de captación de brote definido en las ilustracioness 51 y 52.

Figura 51. Planta de captación de brote definido



Fuente: INFOM, 1997

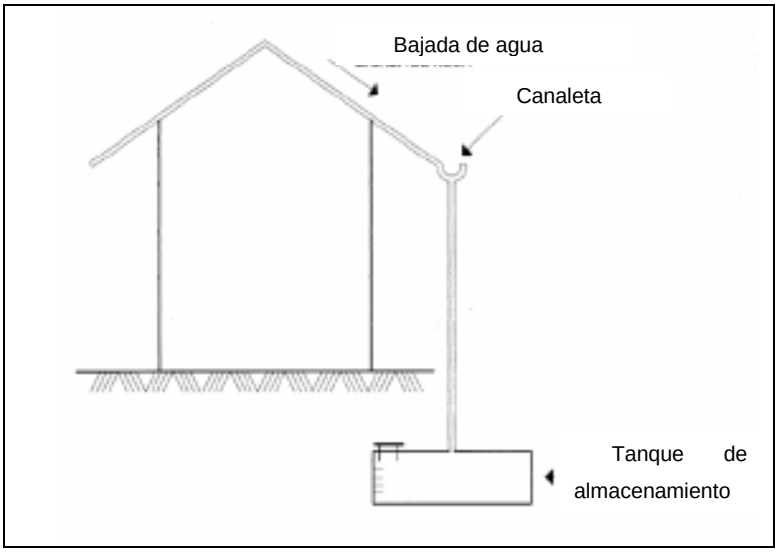
Figura 52. Corte A-A de captación de brote definido



Fuente: INFOM, 1997

1. Captación de agua de lluvia. Cuando no es posible realizar una conducción de agua a partir de otra fuente de agua, es útil recurrir a la solución del agua de lluvia, ésta consiste en la captación del agua a partir de los techos y la conducción a un tanque de almacenamiento

Figura 53. Captación de agua de lluvia



Fuente: Aguilar, 2007

2. Aforos. El aforo es la operación para medir el caudal de una fuente de agua, según Aguilar (2007), lo más recomendable es realizar esta medición durante la época seca, para asegurar que el caudal mínimo de la fuente sea capaz de suplir la demanda de agua de la población. Existen varios métodos para medir el caudal de una fuente, entre ellos los más utilizados son

a. Método volumétrico. Éste consiste en determinar el tiempo que toma llenarse un recipiente de volumen conocido. Es un método útil para aforar pequeños manantiales o brotes de agua

$$Q = \frac{v}{t_1 - t_0} \left(L/s\right)$$ Ecuación 49

Donde:

V: es el volumen del recipiente que se llena de agua.

t_1: es el tiempo cuando el recipiente está lleno.

t_0: es el tiempo cuando empieza a caer agua en el recipiente.

b. Método con uso de flotadores. Cuando la fuente que se está captando es un río que no sea muy turbulento, ni caudaloso, también es posible aforarlo mediante el uso de flotadores. Para esto se ubica un tramo recto y se marca y mide la distancia entre el punto inicial y final; luego se suelta un flotador, tratando que pase a la mitad de la sección transversal del río y se mide el tiempo en que el flotador cruza el tramo. Después se mide la sección transversal promedio del río, para estimar el área. Y al conocer la velocidad del flujo del agua, se puede determinar el caudal por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = v * A$$ Ecuación 50

Donde:

v: es la velocidad del flujo del agua ($\frac{distancia\ del\ tramo}{tiempo}$)

A: área promedio de las secciones transversales del río en el tramo medido.

Es importante resaltar que las unidades del caudal siempre son de $\frac{Volumen}{tiempo}$, por lo que pueden convertirse a unidades de $\frac{m^3}{s}$, o $\frac{L}{s}$

DDD. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción es el conjunto de tuberías o canales por donde se transportará el caudal de día máximo, desde la fuente hacia la planta de tratamiento, o hacia el tanque de almacenamiento, para su posterior distribución hacia los pobladores de la comunidad.

El tipo de conducción puede ser libre o forzada, depende de las condiciones particulares de cada caso, sin embargo, cuando el agua ya ha sido tratada o ya tenga buena calidad, la conducción de esta no deberá ser a cielo abierto.

1. Conducciones libres. INFOM-UNEPAR (1997), proponen seguir los siguientes criterios para el diseño de líneas de conducción libres en túneles y canales:
    a. Diámetro mínimo de 15cm (6”) o su equivalente en secciones no circulares.
    b. Velocidad de 0.4 a 0.5 m/s
    c. Considerar fugas.
    d. Diseño de cajas de inspección.
    e. Calcular mediante la ecuación de Manning.

2. Conducciones forzadas. Para las conducciones desde las captaciones hasta los tanques de almacenamiento y en las redes de distribución, se utilizará tubería de sección circular. Para tal actividad se requiere que en su diseño se consideren los siguientes criterios.

    a. Diámetros mínimos. Se recomienda un diámetro mínimo de 38mm (1 ½“), sin embargo, por cuestiones hidráulicas o económicas se podrán aceptar diámetros de hasta 19mm (¾”).

    b. Velocidades de flujo. Si se trata de agua con material en suspensión sedimentable o erosivo, se considerará una velocidad mínima y máxima de 0.4m/s y 3m/s respectivamente. Sin embargo, es preferible que la velocidad no sea mayor de 1.5 m/s para evitar sobrepresiones. Y solamente en longitudes cortas de tramos finales es permitida una velocidad de hasta 3m/s.

3. Tipo de tubería. Todas las tuberías se distinguen por las siguientes tres características: diámetro, clase y tipo. Es importante resaltar que, comercialmente, se asignan por un diámetro nominal, que difiere del diámetro interno del conducto, el cual es utilizado para el diseño. La clase se refiere a la norma de su fabricación, la cual está relacionada con la presión de trabajo y a la razón entre el diámetro externo y el espesor de la pared de la tubería. El tipo de

tubería se refiere al material del que está hecha, en la actualidad los materiales comúnmente utilizados son el acero galvanizado (HG) y el cloruro de polivinilo (PVC), (Mayorga, 1999).

a. Tubería de acero galvanizado. Las tuberías de acero galvanizado son necesarias en los tramos donde esta queda expuesta a la interperie, por ejemplo, en los tramos donde se necesiten pasos aéreos, o pasos de zanjón expuestos. La tubería de acero galvanizado no debe confundirse con la de hierro galvanizado, ya que este último se destina a otros usos.

Esta tubería se fabrica bajo las siguientes denominaciones: cédula 30, 40 y 80. O también como tubería de peso “ligero”, “standard” y “extra fuerte”, respectivamente. Los cuadros 40, 41 y 42 proporcionan los datos correspondientes a estas tuberías.

Cuadro 40: Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 30

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aproximada
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg/m
12.70	1/2	21.3	0.84	1.9	0.075	17.5	0.69	0.96
18.75	3/4	26.7	1.05	1.9	0.075	22.9	0.9	1.23
25.00	1	33.4	1.315	1.9	0.075	29.6	1.165	1.56
31.25	1 1/4	42.2	1.66	2.3	0.09	37.6	1.48	2.35
37.50	1 1/2	48.3	1.9	2.3	0.09	43.7	1.72	2.71
50.00	2	60.3	2.375	2.7	0.105	55	2.165	3.96
62.50	2 1/2	73	2.875	2.7	0.105	67.7	2.665	4.84
75.00	3	88.9	3.5	3.1	0.12	82.8	3.26	6.75
100.00	4	114.3	4.5	3.1	0.12	108.2	4.26	8.74
125.00	5	127	5	3.2	0.125	120.7	4.75	9.69
150.00	6	168.3	6.625	4.8	0.188	158.7	6.249	19.23

Fuente: Mayorga, 1999

Cuadro 41. Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 40

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aproximada	Presión de trabajo
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg/m	(psi)
3.13	1/8	10.3	0.405	1.73	0.068	8.57	0.337	0.4	700
6.25	1/4	13.7	0.54	2.24	0.088	11.46	0.452	0.6	700
9.38	3/8	17.1	0.675	2.31	0.091	14.79	0.584	0.8	700
12.50	1/2	21.3	0.84	2.77	0.109	18.53	0.731	1.3	700
18.75	3/4	26.7	1.05	2.87	0.113	23.83	0.937	1.7	700
25.00	1	33.4	1.315	3.38	0.133	30.02	1.182	2.5	700
31.25	1 1/4	42.1	1.66	3.56	0.14	38.54	1.52	3.4	1000
37.50	1 1/2	48.3	1.9	3.68	0.145	44.62	1.755	4.1	1000
50.00	2	60.3	2.375	3.91	0.154	56.39	2.221	5.5	1000
62.50	2 1/2	73	2.875	5.16	0.203	67.84	2.672	8.7	1000
75.00	3	88.9	3.5	5.49	0.216	83.41	3.284	11.4	1000
87.50	3 1/2	101.6	4	5.74	0.226	95.86	3.774	13.7	1200
100.00	4	114.3	4.5	6.02	0.237	108.28	4.263	16.2	1200
125.00	5	141.3	5.563	6.55	0.258	134.75	5.305	22.1	1200
150.00	6	168.3	6.625	7.11	0.28	161.19	6.345	28.6	1200

Fuente: Mayorga, 1999

Cuadro 42. Dimensiones y pesos nominales para tubería de acero galvanizado cédula 80

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aprox.	Presión de trabajo
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg/m	(psi)
3.13	1/8	10.3	0.405	2.41	0.095	7.89	0.31	0.46	850
6.25	1/4	13.7	0.54	3.02	0.119	10.68	0.421	0.8	850
9.38	3/8	17.1	0.675	3.2	0.126	13.9	0.549	1.1	850
12.50	1/2	21.3	0.84	3.73	0.147	17.57	0.693	1.62	850
18.75	3/4	26.7	1.05	3.91	0.154	22.79	0.896	2.19	850
25.00	1	33.4	1.315	4.55	0.179	28.85	1.136	3.23	850
31.25	1 1/4	42.1	1.66	4.85	0.191	37.25	1.469	4.47	1500
37.50	1 1/2	48.3	1.9	5.08	0.2	43.22	1.7	5.41	1500
50.00	2	60.3	2.375	5.54	0.218	54.76	2.157	7.48	1500
62.50	2 1/2	73	2.875	7.01	0.276	65.99	2.599	11.41	1500
75.00	3	88.9	3.5	7.62	0.3	81.28	3.2	15.27	1500
87.50	3 1/2	101.6	4	8.08	0.318	93.52	3.682	18.63	1700
100.00	4	114.3	4.5	8.56	0.337	105.74	4.163	22.31	1700
125.00	5	141.3	5.563	9.52	0.375	131.78	5.188	30.95	1700
150.00	6	168.3	6.625	10.97	0.432	157.33	6.193	42.56	1700
200.00	8	219.1	8.625	12.7	0.5	206.4	8.125	64.63	1700

Fuente: Mayorga, 1999

b. Tubería de cloruro de polivinilo (PVC). El cloruro de polivinilo (PVC) es el material más utilizado actualmente, ya que a diferencia de los tipos de tubería de acero, es más económico, más liviano y fácil de instalar. Sin embargo, es más frágil y se vuelve quebradizo al estar expuesto a la interperie.

La norma que rige la fabricación de este tipo de tubería es la ASTM D 2241, la cual clasifica la tubería según la denominación SDR (Standard Dimention Ratio), la cual es la razón entre el diámetro exterior y el espesor de la tubería SDR= D/e. Este valor indica la presión de trabajo a la que puede estar sometida, ya que se han diseñado las relaciones entre los diámetros externos y los espesores con base en la capacidad de soportar un esfuerzo máximo de tensión en la pared de la tubería para que esta no falle.

Se resumen en el Cuadro 43, los valores de la relación SDR con la presión de trabajo a la que se puede ver aplicada la tubería de PVC que contenga el compuesto 1120 en su fabricación.

Cuadro 43. Denominación SDR y presión de trabajo para tubería PVC 1120

Relación SDR	Presión de trabajo (psi)
13.5	315
17	250
21	200
26	160
32.5	125
41	100

Fuente: Mayorga, 1999

Los cuadros 44, 45 y 46 proporcionan los datos correspondientes a las tuberías con relación SDR de 13.5, 17 y 26, según la fabricación de la norma ASTM D 2241.

Cuadro 44. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 13.5

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aproximada por tubo	
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg	(lb)
12	0.5	21.34	0.84	1.57	0.062	18.19	0.716	0.86	1.91

Fuente: Mayorga, 1999

Cuadro 45. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 17

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aproximada por tubo	
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg	(lb)
18.00	0.75	26.67	0.84	1.57	0.06	23.52	0.93	1.10	2.42
25.00	1.00	33.40	1.32	1.96	0.08	29.49	1.16	1.71	3.77
31.00	1.25	42.16	1.66	2.49	0.10	37.19	1.46	2.74	6.05
38.00	1.50	48.26	1.90	2.84	0.11	42.57	1.68	3.59	7.91
50.00	2.00	60.33	2.38	3.56	0.14	53.21	2.10	5.61	12.36
62.00	2.50	73.03	2.88	4.29	0.17	64.44	2.54	8.20	18.07
75.00	3.00	88.90	3.50	5.23	0.21	78.44	3.09	12.16	26.81
100.00	4.00	114.30	4.50	6.73	0.27	100.84	3.97	20.11	44.34
125.00	5.00	141.30	5.56	8.30	0.33	124.69	4.91	30.68	67.64
150.00	6.00	168.28	6.63	9.91	0.39	148.46	5.85	43.58	96.07
200.00	8.00	219.08	8.63	12.90	0.51	193.27	7.61	73.89	162.90
250.00	10.00	273.05	10.75	16.05	0.63	240.94	9.49	114.59	252.63
300.00	12.00	323.58	12.75	19.05	0.75	285.75	11.25	161.28	355.56

Fuente: Mayorga, 1999

Cuadro 46. Dimensiones y pesos para tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interno		Masa aproximada por tubo	
mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	mm	(in)	kg	(lb)
25.00	1.00	33.40	1.32	1.52	0.06	30.35	1.20	1.35	2.97
31.00	1.25	42.16	1.66	1.63	0.06	38.91	1.53	1.83	4.03
38.00	1.50	48.26	1.90	1.85	0.07	44.55	1.75	2.40	5.27
50.00	2.00	60.33	2.38	2.31	0.09	55.70	2.19	3.73	8.21
62.00	2.50	73.03	2.88	2.79	0.11	67.44	2.66	5.46	12.01
75.00	3.00	88.90	3.50	3.43	0.14	82.04	3.23	8.15	17.94
100.00	4.00	114.30	4.50	4.39	0.17	105.51	4.15	13.44	29.57
125.00	5.00	141.30	5.56	5.43	0.21	130.43	5.14	20.55	45.21
150.00	6.00	168.28	6.63	6.48	0.26	155.32	6.12	29.16	64.15
200.00	8.00	219.08	8.63	8.43	0.33	202.21	7.96	49.43	108.74
250.00	10.00	273.05	10.75	10.49	0.41	252.07	9.92	76.64	168.61
300.00	12.00	323.58	12.75	12.45	0.49	298.96	11.77	107.85	237.26
375.00	15.00	388.62	15.30	14.94	0.59	358.75	14.12	162.45	357.38

Fuente: Mayorga, 1999

4. Colocación y anclaje. Las tuberías de PVC deben ir siempre enterradas a una profundidad mínima que es medida sobre la corona (nivel superior del tubo) hacia la superficie de la tierra. Para calcular dicha profundidad es necesario evaluar las condiciones de cargas vivas y muertas a la que se verá sometida la tubería, así como el tipo de suelo y la clase de tubería a usarse. Sin embargo, son recomendables los valores mínimos que se presentan en el Cuadro 47.

Cuadro 47. Profundidades mínimas de colocación de tubería de PVC

Condiciones del terreno	Profundidad mínima (m)
Terreno cualquiera	0.60
Terreno dedicado a la agricultura	0.80
Calles de tránsito o carreteras	1.20

Fuente: INFOM-UNEPAR, 1997

Es necesario tomar en cuenta que en los puntos más bajos y en los cruces de corrientes o cuerpos de agua, se podrá dejar la tubería aérea -únicamente de acero galvanizado-, y utilizar los pasos aéreos o de zanjón para proporcionarle estabilidad y protección.

En los cambios de dirección de la tubería, se diseñan estructuras que soporten los más rigurosos esfuerzos a los que se verá sometida.

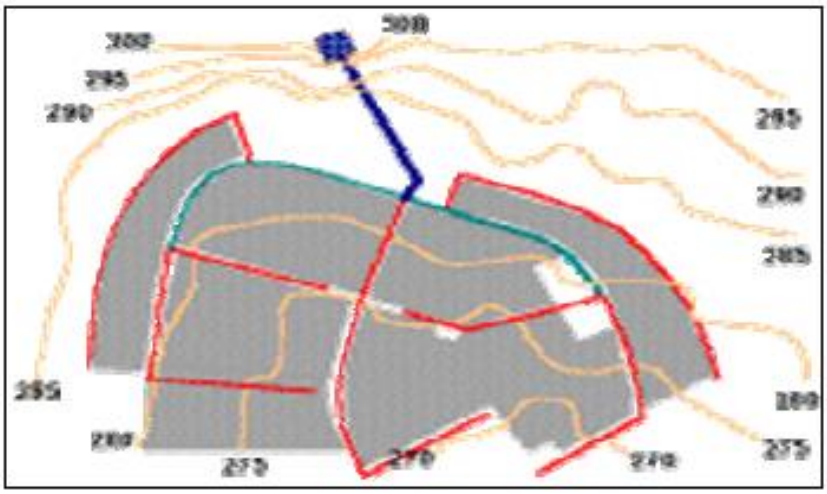
EEE.LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN

Según la OPS (2005) la red de distribución está considerada por todo el sistema de tuberías, desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten las conexiones domiciliarias. Dentro de los criterios necesarios para su diseño se encuentran los siguientes:

1. La red de distribución se deberá diseñar para el valor máximo entre el caudal máximo horario o el caudal de uso simultáneo, y éste se calcula para una cantidad de viviendas estimada, según la población proyectada al final del período de diseño.
2. Durante el levantamiento topográfico se deben incluir detalles de la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, anchos de vías, áreas de inestabilidad geológica, pasos de río, cambios de pendientes, zanjones, y otros puntos de interés.

El procedimiento del cálculo hidráulico se podrá realizar como una red abierta, cerrada y combinada, sin embargo, lo más probable en una comunidad rural, es que la distribución de las viviendas no tenga una forma ordenada, sino que estén dispersas, por lo que lo más económico es realizar una red abierta.

Figura 54. Red de distribución abierta



Fuente: OPS (2004)

En las líneas de distribución y de conducción, se requieren dispositivos auxiliares, u obras de arte, que en conjunto con las tuberías, puedan trasladar el caudal requerido de agua a los puntos donde se necesita. Entre estos dispositivos se encuentran los siguientes:

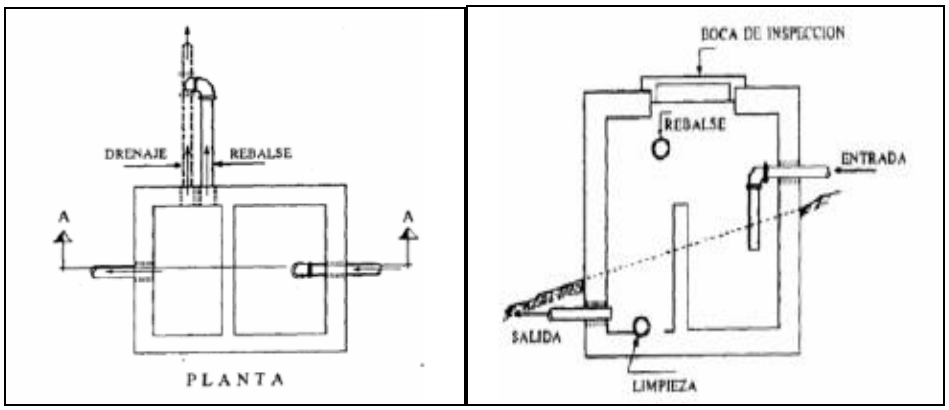
1. Caja rompe-presiones. Si se encuentra un tramo con una pendiente muy pronunciada, puede ser que la diferencia de altura entre el inicio y fin de ese tramo sea muy grande y por lo tanto la presión provocada puede sobrepasar la presión admisible de trabajo de la tubería, entonces es necesario colocar en un punto intermedio una caja rompe-presiones, hecha tradicionalmente de piedra de canto rodado y mezcla de concreto.

Cuadro 48. Alturas máximas de carga estática para utilizar tuberías de PVC

Presión de trabajo (psi)	Carga estática max (m.c.a)
125	87.88
160	112.49
250	175.77

Fuente: Mayorga, 1999

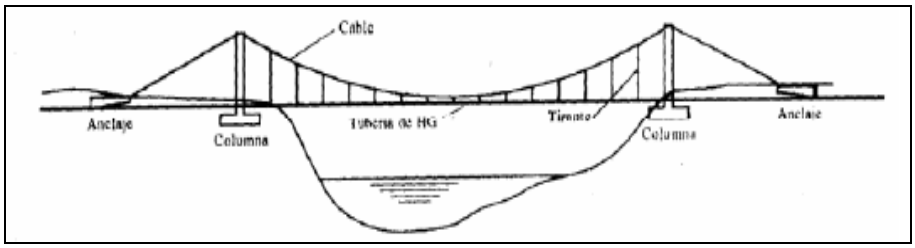
Figura 55. Planta y corte de una caja rompe-presión tradicional



Fuente: Mayorga, 1999

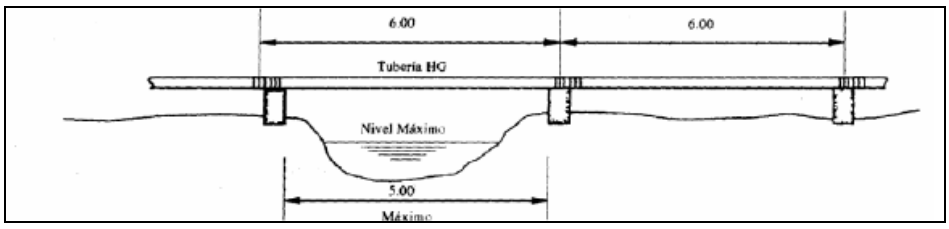
2. Pasos aéreos y de zanjón. Dependiendo de la topografía, puede ser necesario atravesar un río o una depresión en el terreno, y para ello se construirá un paso aéreo. Sin embargo, si la depresión del terreno no es muy grande, se puede utilizar un paso de zanjón. Hay que hacer mención que cuando la tubería está expuesta, como en estos tramos, solo se puede utilizar tubería de acero galvanizado.

Figura 56. Paso aéreo



Fuente: Mayorga, 1999

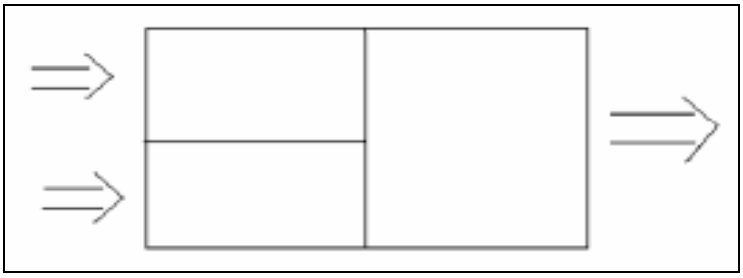
Figura 57. Paso de zanjón



Fuente: Mayorga, 1999

3. Cajas unificadoras de caudal. Esta es una caja cuya función es reunir dos o más caudales captados con anterioridad. Su capacidad será de acuerdo al número de fuentes a reunir, y al caudal de cada una de ellas.

Figura 58. Concepto de una caja unificadora de caudal

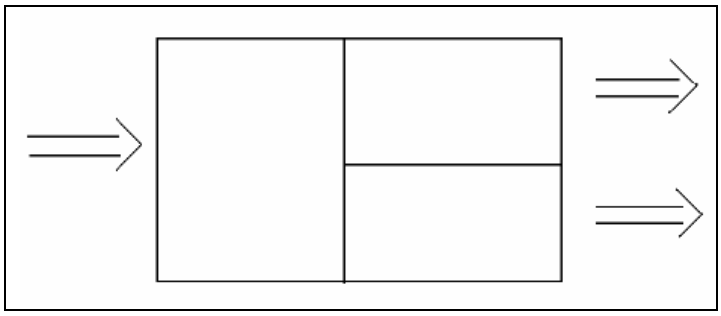


Fuente: Mayorga, 1999

4. Cajas distribuidoras de caudal. La caja distribuidora de caudal es el concepto inverso de la caja unificadora, pues se utiliza para dividir el caudal en dos o más partes, dependiendo de la cantidad de ramales en los que se quiera dividir la línea de conducción.

La caja tiene en su interior cámaras divididas por un muro, y en cada cámara se tiene una salida o vertedero para el flujo de agua.

Figura 59. Concepto de una caja distribuidoras de caudal

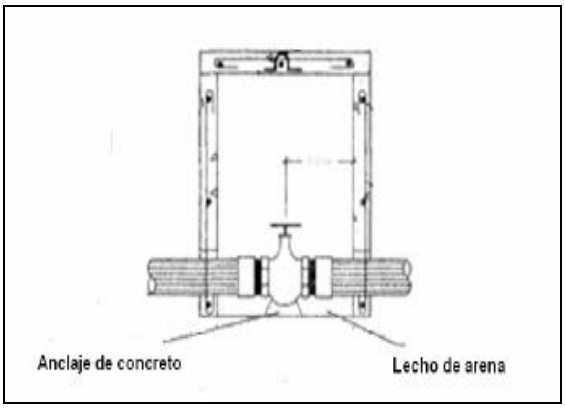


Fuente: Mayorga, 1999

5. Cajas para válvulas. El sistema de conducción necesita de varios tipos de válvulas (de compuerta, de paso, de aire, de limpieza, reguladoras de presión, etc) y es necesario construir una caja de protección para cada una de ellas. Ver Figura 60

.

Figura 60. Bosquejo de una caja para válvula



Fuente: Mayorga, 1999

a. Válvulas. Las válvulas son accesorios que se utilizan para controlar el flujo (OPS, 2004). Éstas se pueden clasficar en función de la acción específica que realizan. Dentro de las válvulas necesarias para hacer eficiente el diseño de la conducción y distribución se encuentran las siguientes:

1) Válvula de compuerta. Estas válvulas sirven para seccionar una red de distribución o la línea de conducción, con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio de esta. Mientras mayor número de válvulas se tengan en la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto, por esto es útil ubicarlas en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.

2) Válvula de limpieza. Las válvulas de limpieza, o también llamadas de purga, sirven para eliminar de la tubería los sedimentos que pueda traer el agua, y se ubican en los puntos de cotas más bajas, la colocación de estas válvulas es aún más importante en la línea de conducción, ya que durante toda esta línea, el agua no ha recibido un tratamiento de filtración riguroso, por lo que puede traer gran cantidad de sedimentos.

3) Válvula de aire. El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del caudal. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas.

.

FFF. CÁLCULO HIDRÁULICO

Para el cálculo hidráulico de las tuberías, tanto para la línea de conducción como para las líneas de distribución, se podrá utilizar la fórmula de Hazen y Williams. Esta ecuación determina el diámetro requerido para conducir un caudal determinado de agua a lo largo de un tramo, y se resume de la siguiente forma:

$$Ø = \frac{1743.811 * L_{diseño} * Q^{1.85}}{C^{1.85} * h}$$ Ecuación 51

Donde:

Ø: es el diámetro interno de la tubería.

$L_{diseño}$: es la longitud de diseño, calculada con la pendiente que tenga el terreno.

Q: es el caudal que será conducido.

C: es el coeficiente de fricción de la fórmula de Hazen-Williams.

h: es la diferencia de la cota piezométrica entre los puntos inicial y final del tramo.

El valor del coeficiente de fricción depende del material, por lo que se recomiendan utilizar los valores descritos en el Cuadro 49.

Cuadro 49. Coeficientes de la fórmula de Hazen-Williams para diversos tipos de tuberías

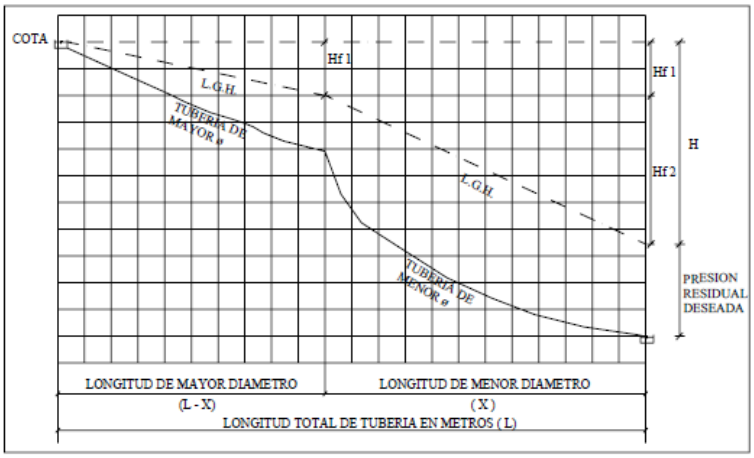
Descripción de la tubería	Valores de C
Extremadamente lisa y recta	140
Fundición	
Nueva	130
Después de 5 años	120
Después de 10 años	110
Después de 20 años	90-100
Después de 30 años	75-90
Revestida de concreto	120-140
PVC	150
Fibrocemento	120-140
Acero galvanizado	100

Fuente: Azevedo, (1975)

El diámetro de tubería a utilizar será el que asegure poder transportar el caudal requerido a una presión adecuada en cualquier punto de la red. Esta presión del agua tiene que ser suficiente para que pueda llegar a las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. También es necesario controlar que no sobrepase un límite máximo, para que no se originen consumos excesivos por parte de los usuarios, y que tampoco se dañen los componentes del sistema. De este modo, INFOM y UNEPAR recomiendan una presión mínima de servicio de 10 metros columna de agua, y una presión máxima de 40 metros columna de agua. Estos valores se podrán comprobar con el valor de la carga dinámica en los puntos de interés.

Conociendo las cotas piezométricas de los puntos inicial y final del tramo, es posible determinar la combinación de los dos diámetros de tubería que harán que las pérdidas por fricción sean las suficientes para llegar de un punto al otro, en la longitud de diseño planteada, tal y como se observa en la Figura 61.

Figura 61. Perfil de la combinación de tuberías

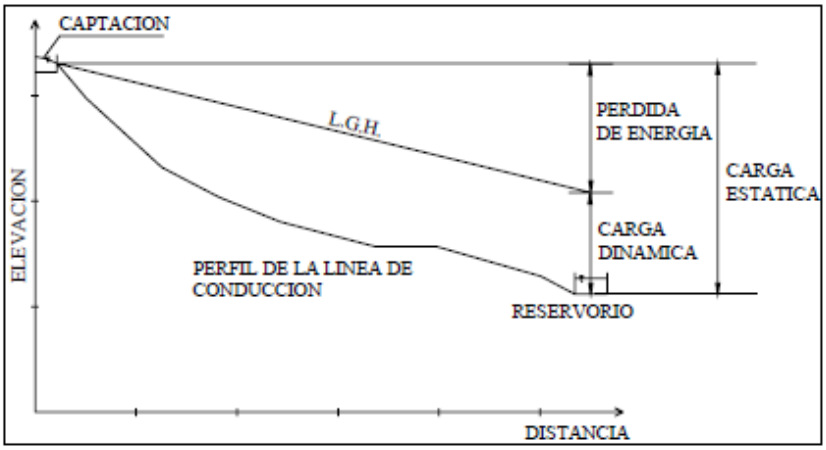


Fuente: OMS, (2004)

Es necesario resaltar la importancia del dibujo de la línea del gradiente hidráulico, la cual indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería. Esta línea indica el valor de la carga dinámica en cualquier punto, la cual representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería.

Se puede tener una mejor comprensión de estos conceptos, con apoyo de la Figura 62.

Figura 62. Cargas estática y dinámica de la línea de conducción



Fuente: OMS, (2004)

GGG. EDUCACIÓN DE ADULTOS, ANDRAGOGÍA

Aunque desde la antigüedad, existían estructuras para adiestrar y enseñar a los adultos, no fue sino hasta 1833, cuando el maestro alemán Alexander Kapp acuñó el término de “andragogía” refiriéndose a la educación de adultos, en contraposición con el término “pedagogía” que se refiere a la educación de los niños (Alonso Chacón, 2012). El Instituto Nacional para la Educación de los Adultos en México -INEA- (2007) define la andragogía como “el arte y la ciencia de facilitar el proceso de aprendizaje de los adultos”.

Según Knowles, Holton y Swanson (2011), los postulados de Eduard Lindeman (1926) constituyen la base y fundamento de la andragogía moderna. Sin embargo, existen otros estudiosos de la materia e investigaciones que han contribuido y agregado a lo que hoy conforman los principios básicos de la andragogía:

1. Los adultos se sienten motivados a aprender si pueden experimentar las necesidades e intereses que ese aprendizaje cubrirá, por lo que éstas deben ser las bases de partida para cualquier actividad de aprendizaje dirigida a adultos (Knowles, Holton, & Swanson, 2011). Además, el adulto se motivará si puede relacionar lo aprendido con sus funciones o roles sociales (Alonso Chacón, 2012) como el de ser madre, esposa, agricultor, u otro.

2. La orientación al aprendizaje que tiene un adulto está centrada en su vida; por lo que al organizarse el aprendizaje de un adulto, debe partir de situaciones de vida y no de sujetos (Knowles, Holton, & Swanson, 2011).
3. El mejor recurso para el aprendizaje de los adultos es la experiencia; así que la metodología fundamental en la educación de adultos debe ser el análisis de las experiencias (Knowles, Holton, & Swanson, 2011). Además, las experiencias previas de la persona juegan un papel fundamental en su aprendizaje (Alonso Chacón, 2012).
4. El adulto tiene una profunda necesidad de ser auto-dirigido (Alonso Chacón, 2012) (Knowles, Holton, & Swanson, 2011). El papel del maestro no es el de transmitirle conocimientos y evaluarlo, sino el de involucrarlo en un proceso de investigación e inquisición mutuo.
5. Las diferencias individuales de las personas se incrementan con la edad, debido a lo cual la educación de adultos debe tomar en cuenta y estar preparada para variaciones en el estilo, tiempo, lugar y ritmo del aprendizaje (Knowles, Holton, & Swanson, 2011).
6. El adulto desea que la aplicación de su conocimiento sea inmediata (Alonso Chacón, 2012), por tanto, lo que se enseñe debe ir enfocado a resolver problemas de su vida cotidiana a corto y largo plazo.
7. Durante todo el proceso educativo del adulto, desde su concepción, deben estar presentes la libertad, respeto, autonomía, democracia, afectividad positiva y transparencia. Se requiere que el ambiente presente una construcción colectiva de normas claras donde cada uno se sienta a gusto y pueda expresarse libremente (Valdez, 2011).
8. La andragogía se centra en el aprendizaje y no en la enseñanza. El aprendizaje parte y orienta hacia el autoconocimiento y autoncepto. Su fin es el proceso de construcción de aprendizajes en una persona y debe, por tanto, ser personalizado (Valdez, 2011).

Uno de los mayores errores en la educación de adultos es que el facilitador generalmente aprende sobre la enseñanza de niños y pretende planificar y ejecutar procesos para enseñar a los adultos con las metodologías, principios teóricos y estrategias que se emplean con niños (Knowles, Holton, & Swanson, 2011), sin reconocer que son diferentes y tienen diferentes motivaciones. A continuación se presenta una tabla de comparación entre los principales postulados y principios teóricos de la pedagogía y la andragogía.

Cuadro 50. Comparación entre la pedagogía y la andragogía

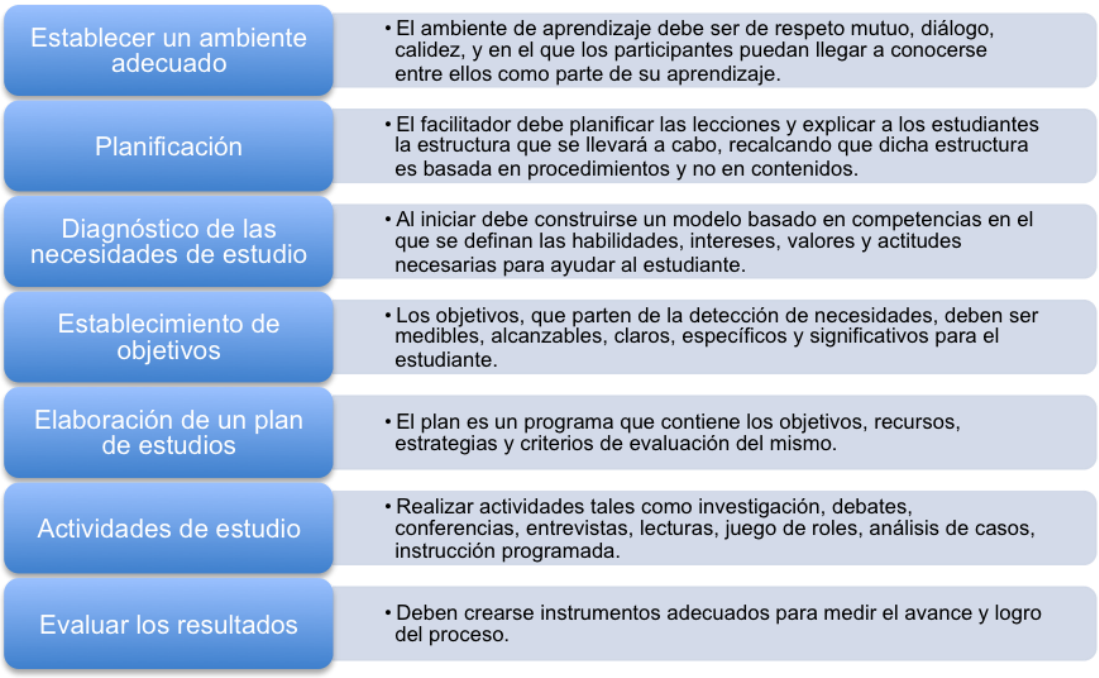
	Pedagogía	Andragogía
El aprendiz	Dependiente. El maestro dirige qué, cuándo, cómo una materia se aprende y luego evalúa que se haya aprendido.	Se dirige hacia la independencia. Auto-dirigido. El maestro estimula y anima hacia la independencia.
La experiencia del aprendiz	De poca valía. Por lo tanto, los métodos son didácticos.	Una gran fuente de aprendizaje. Por lo tanto, los métodos incluyen discusiones, resolución de problemas, y otros.
Disposición para aprender	Las personas aprenden lo que la sociedad espera que aprendan. El currículo es estandarizado.	Las personas aprenden lo que necesitan aprender. Los programas de aprendizaje se organizan alrededor de una aplicación para la vida.
Orientación al aprendizaje	Adquisición de contenido sobre una materia. Un currículo organizado en materias.	Las experiencias de aprendizaje se basan en experiencias, puesto que las personas son centradas en el desempeño para su aprendizaje.

Fuente: Smith, 2002. Traducción libre.

El proceso de enseñanza-aprendizaje en un enfoque andragógico, como ya se mencionó, debe ser personalizado por su naturaleza autodirigida. Sin embargo, anota el INEA (2007), el proceso no es solitario, sino que se fortalece de la interacción con compañeros de estudio, profesores, y otros. “En un grupo de estudiantes autodirigidos se crea una intensa relación mutua”, anota el INEA.

Los elementos o pasos que deben existir para llevar exitosamente un proceso andragógico incluyen los enlistados en la Figura 63. (Alonso Chacón, 2012) (Instituto Nacional para la Educación de los Adultos, 2007):

Figura 63. Elementos del proceso andragógico.



Fuente: Elaboración propia

HHH. MODELO DE DISEÑO INSTRUCCIONAL ADDIE

El diseño instruccional es el estudio o ciencia de aplicar principios de análisis, diseño, desarrollo y evaluación, que hayan sido evaluados sistemáticamente, a la creación de contenido con algún objetivo de instrucción (Oregon State University, sf). Uno de los modelos de diseño instruccional más conocido es ADDIE, cuyo nombre proviene de las siglas de sus fases o componentes que son:

1. Análisis. Durante esta fase, se clarifica el problema instruccional, se establecen las metas y objetivos de instrucción, así como también se identifican las habilidades y conocimientos actuales del aprendiz (Culatta, 2013). Algunas de las interrogantes y factores que se deben examinar en esta fase incluyen:

   a. La audiencia y sus características.
   b. El resultado de comportamiento esperado.
   c. Las limitaciones para el aprendizaje que existen.
   d. Las opciones de entrega (o canales) de la enseñanza.
   e. Eel cronograma o fechas límites.
   f. Los presupuestos y recursos con los que se cuenta (Culatta, 2013) (Oregon State University, sf).

2. Diseño. Esta fase es sistemática y específica. Se conoce como sistemática, porque se proyecta en esta fase de forma lógica y ordenada la forma de desarrollar y evaluar una serie de estrategias de aprendizaje que lleven a la consecución de los objetivos planteados. Además, es específica porque en esta fase se presta atención a los detalles en la ejecución (Culatta, 2013). Algunos de los factores que se exploran y desarrollan en esta fase incluyen:

   a. Documentación de las estrategias instruccionales y técnicas para el programa.
   b. Evaluación y organización del contenido (afectivo, conceptual y procedimental).
   c. Diseño de propuestas o prototipos.
   d. Definición de los aspectos gráficos y visuales o de diseño (Culatta, 2013) (Oregon State University, sf).

3. Desarrollo. En esta fase del modelo, se arman o consolidan todos los productos creados durante la fase de diseño. Además, se desarrollan las tecnologías o recursos necesarios, se ejecutan pruebas o pilotajes y se modifica todo con la ayuda de la retroalimentación de los usuarios (Culatta, 2013). Es importante que las herramientas utilizadas sean adecuadas para el contenido, según la información recabada en la fase de análisis.

4. Implementación. Durante la implementación, se desarrolla y lleva a cabo el procedimiento para entrenar a los faclitadores (Culatta, 2013). El creador o desarrollador se asegura que todos los recursos estén listos para ser usados y que los facilitadores conozcan no sólo el currículo, sino los resultados esperados, la metodología y las formas de evaluación.

5. Evaluación. Aunque esta fase pareciera ser el paso final del modelo, en realidad hace referencia tanto a la evaluación sumativa (final) como a la evaluación formativa (de proceso) que se lleva a cabo durante las otras fases (Culatta, 2013). La finalidad de esta etapa es obtener toda la realimentación posible para corregir o mejorar el modelo.

Figura 64. Modelo ADDIE

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA DE PROYECTOS DE COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN EN SALUD

Cuando se trata de elaborar un programa de comunicación o de educación en salud/ambiental, existen diferentes enfoques o modelos que pueden emplearse, tanto para la instrucción como para la evaluación del impacto que ha tenido el programa. En la revisión bibliográfica sobre este extenso tema, puede apreciarse que existen modelos basados en los conceptos o resultados y modelos fundados en el cambio de conductas, como dos grandes ramas (Mosler, Günther, Johnston, & Werner, 2014). A continuación se detalla más al respecto de cada uno; sin embargo, por su utilidad y comprobada eficacia, se enfatizará y ampliará el modelo de cambio de conducta, específicamente en un enfoque participativo, el cual es un pilar fundamental en el presente programa educativo.

1. Modelos conceptuales. Los modelos conceptuales, como el de transmisión del patógeno o el de resultados, tienen como enfoque lograr el objetivo de mejorar la calidad de vida a través de la reducción de los fenómenos o factores que afecten la salud (Mosler, Günther, Johnston, & Werner, 2014). Es decir, su enfoque es producir el resultado deseado, eliminando el agente que causa el problema. Por ejemplo, si se trata de disminuir las enfermedades gastrointestinales derivadas del consumo de agua contaminada, estos modelos se enfocan en

encontrar la ruta de transmisión del patógeno e intervenir, digamos con letrinas para evitar la defecación en las fuentes de agua, o proveer estaciones de lavado de manos, para evitar la transmisión del patógeno a la persona.

Aunque puede producir resultados efectivos, una crítica comúnmente hecha a este modelo es que puede que la comunidad reciba sólo el equipo, pero no el conocimiento necesario para cambiar el hábito o conducta nociva. El implementador sólo puede asumir que al darles el equipo y enseñarles su funcionamiento, las personas lo adoptarán (Mosler, Günther, Johnston, & Werner, 2014); es decir, al darles una letrina y enseñarles cómo usarla, se asumiría que las personas de la comunidad la utilizarían.

Y aunque algunos de estos proyectos tuvieran campañas de promoción de la salud, otra crítica en general recibida era que para países en vías de desarrollo o tercermundistas, como Guatemala, ya sea que el beneficio se quedaba únicamente en los medios urbanos y de clase alta, o que lo planteado era sesgado bajo un enfoque paternalista, el cual no llegaba a tener el impacto y sostenibilidad deseada, por ser premisas y metodologías extranjeras que no permitían crear las condiciones adecuadas para poder ser sostenibles (Waisbord, sf).

2. Modelo de cambio de conducta. Las metodologías que entran dentro del modelo de cambio de conductas difieren del modelo anterior, en que su fin no es producir resultados al proveer soluciones al problema, sino que la comunidad meta cambie las conductas que le llevan a contribuir o incurrir en el problema.

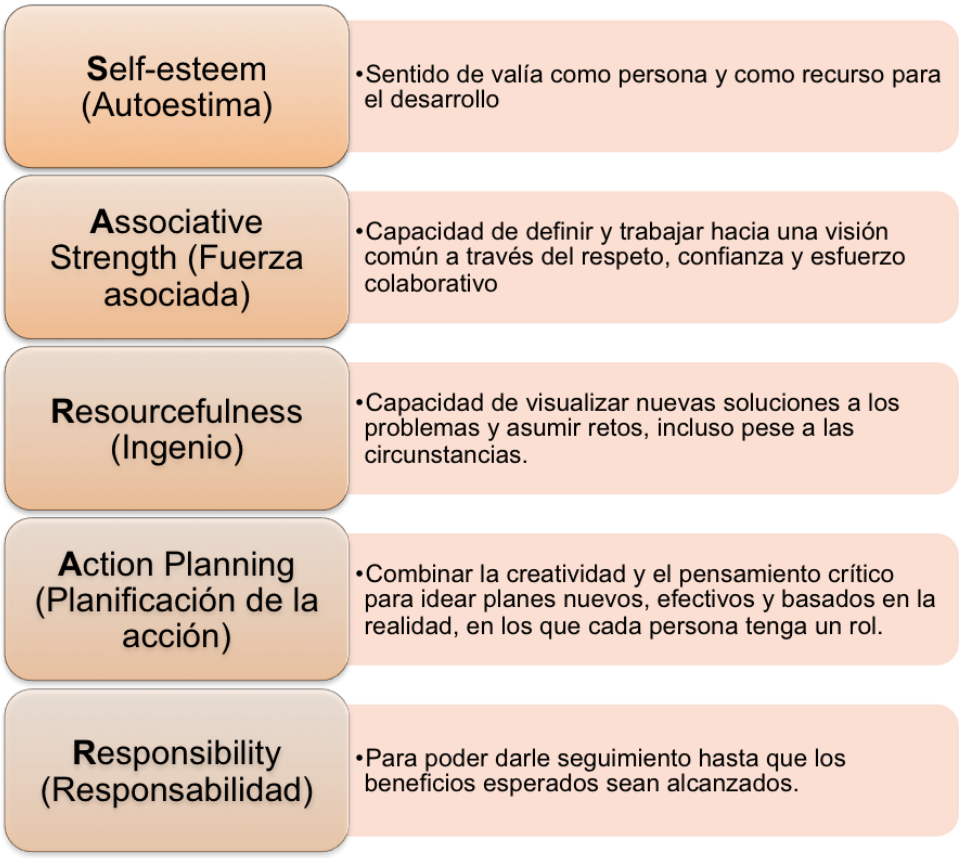
Estas metodologías hacen más énfasis en la participación comunitaria, el contexto cultural y social de las personas (Waisbord, sf). A continuación se detallan algunas de éstas, las cuales son ampliamente utilizadas, con buenos resultados, en proyectos de educación en salud y manejo del agua, principalmente,.

a. Enfoque participativo. Los enfoques participativos buscan la participación de los miembros de la comunidad para construir su aprendizaje y proponer soluciones. Algunos de los métodos participativos más conocidos son los siguientes:

1) SARAR. El método SARAR es una metodología de entrenamiento/educación que sirve para trabajar con adultos de una forma sostenible, integrando sus capacidades de planificar, resolver problemas y evaluar (Banco Mundial, 2013). Su principal propósito no es enseñar una materia, sino estimular el pensamiento crítico y aprendizaje a través de resolución de problemas (Mosler, Günther, Johnston, & Werner, 2014), para que aprendan no del

conocimiento de un experto, sino de sus experiencias y puedan así empoderarse (Banco Mundial, sf). Utilizado bajo la iniciativa de PROWWESS (Promoción del rol de la mujer en los servicios de agua y saneamiento – por sus siglas en inglés), el método debe su nombre a sus cinco atributos esenciales para una participación efectiva y sostenible (Figura 65).

Figura 65. Método SARAR.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial (2013)

De acuerdo con un informe de la Organización Mundial de la Salud y el Programa de Banco de Agua y Saneamiento, de PNUD, (2000), SARAR tiene como base los siguientes principios:

a. El aprendizaje sostenible se da mejor en un ambiente grupal, porque promueve el cambio de comportamiento y social.

b. Un ambiente de aprendizaje adecuado permite al grupo hacer un recuento de sus experiencias e información de forma colectiva, para comprender más a profundidad el problema y evaluar un plan de acción.

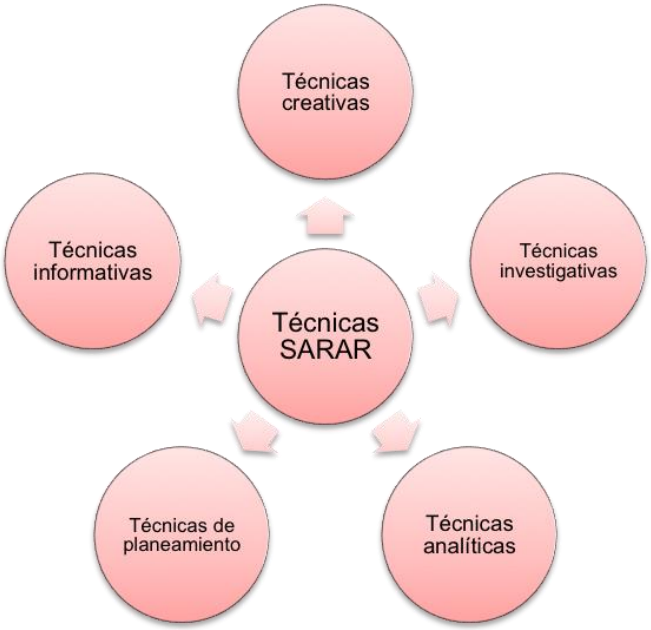
c. Ni el alfabetismo, educación formal, ni los mensajes de higiene y saneamiento son indispensables para tomar decisiones efectivas.

d. Si la persona puede tomar sus propias decisiones, se comprometerá a cumplirlas (sostenibilidad)

e. Mientras más recursos y materiales propios inviertan las personas, mayor compromiso tendrán de cumplirlo y cuidarlo.

f. Las comunidades son capaces de describir sus situaciones y problemas actuales, visualizando posibles soluciones futuras. Ellos son los expertos en materia de su comunidad.

Figura 66. Técnicas SARAR.



Fuente: Elaboración propia basada en (Banco Mundial, 2013)

2) PHAST. Un método adaptación de SARAR, la Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamento (PHAST por sus siglas en inglés) parte de la habilidad innata de la persona en enfrentar y resolver sus propios problemas (Marinof, Pesante, Samanez Carrillo, & Centurión, 2001). Intenta empoderar a las comunidades a administrar sus fuentes de agua y controlar las enfermedades relacionadas al saneamiento, a través de la concientización sobre salud para mejorar el ambiente y las conductas relacionadas a la problemática (Mosler, Günther, Johnston, & Werner, 2014) y (Simpson-Herbert, Mayling; Sawyer, Ron; Clarke, Lucy, 2000).

PHAST se enfoca en la participación de hombres, mujeres y niños en el proceso de desarrollo, basándose en capacitaciones y elaboración de material gráfico especializado. Aunque se haya criticado que la concientización sobre la salud no hace necesariamente que las personas cambien sus comportamientos, PHAST va más allá sobre la premisa de que cuando las personas comprenden que las causas de las enfermedades son sus comportamientos, y la motivación de brindar mejor salud a su familia, las personas pueden comprender y hacer un cambio a conciencia (Simpson-Herbert, Mayling; Sawyer, Ron; Clarke, Lucy, 2000).

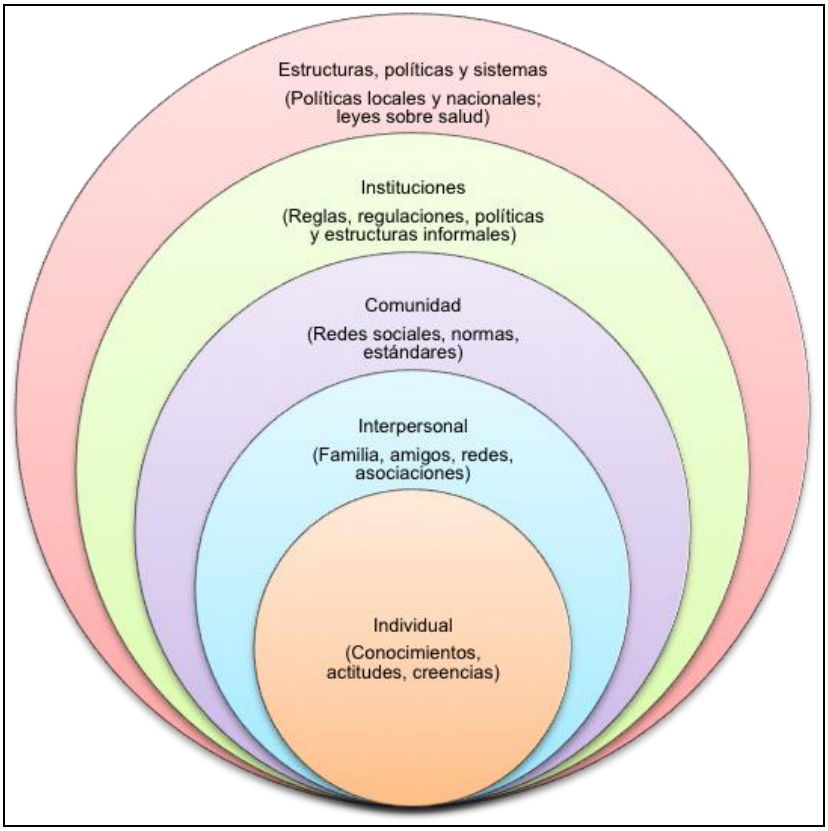
Algunos de los principios de PHAST son los siguientes:

a) Las comunidades pueden y deben determinar las prioridades para la prevención de enfermedades.
b) Cuando las personas comprendan los beneficios de un saneamiento mejorado, actuarán.
c) En cada comunidad hay barreras que previenen la transmisión; pero la comunidad puede identificarlas y solucionarlo.
d) La mejor manera de obtener un desarrollo sostenible es usar un enfoque de incremento, iniciando con la situación actual de la comunidad y construyendo cambios graduales.
e) Ni las conductas higiénicas mejoradas, ni los sistemas e instalaciones de saneamiento mejorados son por sí mismos una garantía de impacto positivo, por lo que en la medida de lo posible, se necesita la interacción de ambas. (Marinof, Pesante, Samanez Carrillo, & Centurión, 2001) (Simpson-Herbert, Mayling; Sawyer, Ron; Clarke, Lucy, 2000)

3) Modelo socio-ecológico. Otro modelo de cambio de comportamientos, el modelo socio-ecológico reconoce que para realizar el cambio de un comportamiento es necesario considerar que hay distintos factores en distintos niveles de la persona y su entorno que influyen en el problema. Este modelo permite identificar oportunidades de promover la salud por medio de la comprensión de los factores que influyen en el comportamiento de las personas. Uno de sus principios es que las personas moldean y son moldeados por distintos niveles de influencia (ver Figura 67)

.

Figura 67. Adaptación libre del modelo socioecológico



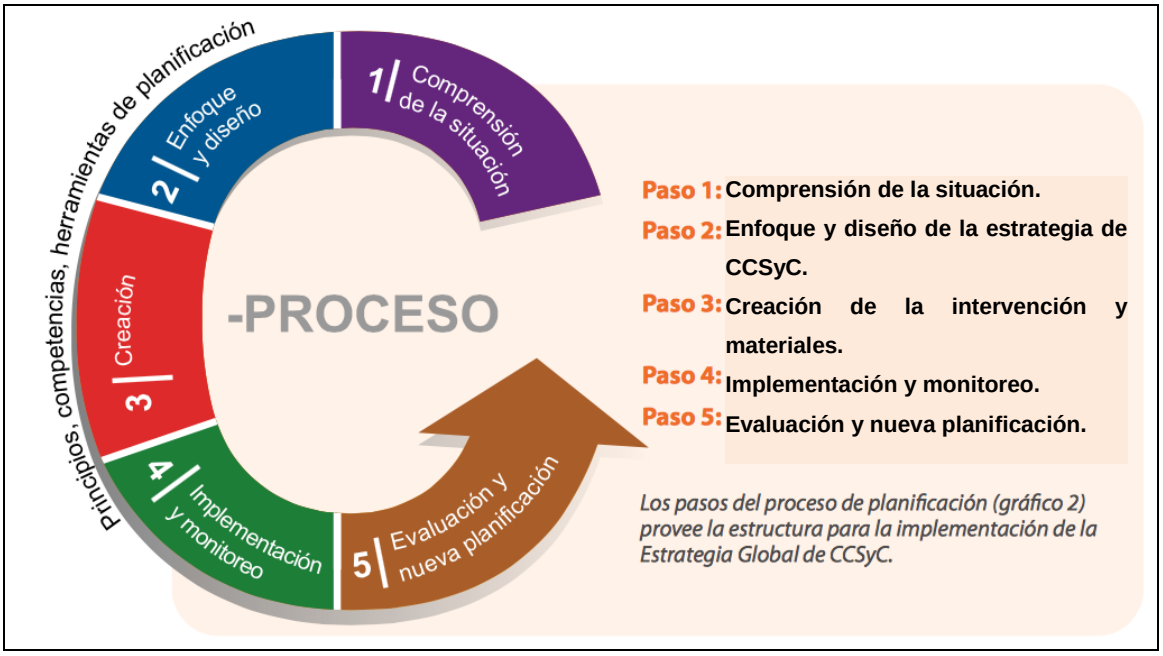
Fuente: Elaboración propia basada en (Washington State Department of Health, sf)

2. Estrategia de comunicación para el cambio social y del comportamiento (CCSyC). La CCSyC toma en cuenta el rol que tiene la comunicación al favorecer el cambio social, "que incluye un cambio de política, norma y comportamiento individual al encontrar un momento clave efectivo para el cambio" (USAID & C-CHANGE, sf). Como parte del modelo socio-ecológico, considera los distintos niveles de influencia, como lo son:

   a. El individuo (más afectado por el problema).
   b. Los influenciadores inmediatos (familia, comunidad).
   c. Acceso a productos y servicios de calidad.
   d. Barreras originadas de normas sociales y culturales, religión, legislación y políticas relevantes.

La CCSyC considera al cambio como proceso "interactivo, investigativo y planificado" que busca modificar el comportamiento individual y las condiciones sociales (USAID & C-CHANGE, sf). Según la Guía de Implementación de la Estrategia CCSyC en el Altiplano de Guatemala, este proceso para su implementación se compone de los pasos mostrados en la Figura 68.

Figura 18. Los pasos del proceso de CCSyC

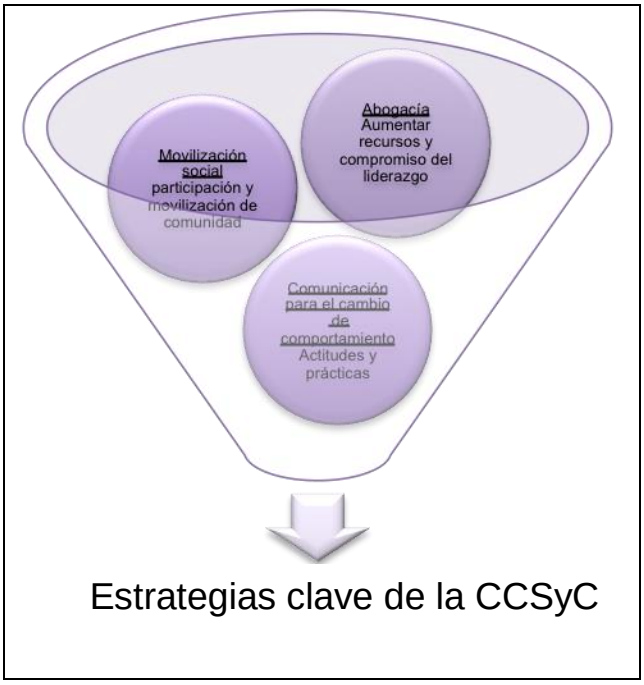


Fuente: (USAID & C-CHANGE, sf)

Además, sus principios de aplicación son:

1) Seguir un enfoque sistemático.
2) Usar investigación para impulsar el programa (y no suposiciones).
3) Considerar el contexto social.
4) No perder de vista las audiencias (principales, secundarias y terciarias).
5) Guiar las decisiones basado en teorías y modelos.
6) Involucrar a las comunidades y "socios" durante todo el proceso.
7) Establecer objetivos realistas, considerando la efectividad de recursos y costos.
8) Utilizar materiales y actividades que se complementen.
9) Las estrategias deben ser motivacionales y orientadas a la acción.
10) Debe asegurarse la calidad en cada paso del proceso (USAID & C-CHANGE, sf).

Figura 69. Estrategias clave de la CCSyC.



Fuente: Elaboración propia basada en (USAID & C-CHANGE, sf)

JJJ. APLICACIONES PRÁCTICAS

1. Planificación del Programa de Educación Ambiental de WRI y FWS. El Centro para el Desarrollo Internacional y Medio Ambiente del Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) y el Servico de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (FWS por sus siglas en inglés) desarrollaron un manual con su metodología de planificación de un programa de educación ambiental (Wood & Walton Wood, 1990). Dicho programa que es participativo y orientado al cambio de comportamientos, incluye los pasos ejemplificados en la Figura 70.

Figura 70. Pasos para la planificación de un programa ambiental de WRI y FWS

Fuente: Elaboración propia

KKK. ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO EN COMUNIDADES ILETRADAS Y DE ESCASOS RECURSOS

Werner y Bower (1986) proponen que tomar una parte activa en el propio aprendizaje ayuda al aprendizaje en una comunidad. Por ello, es importante que las actividades y el material propicien poder discutir, observar y hacer las cosas, más que sólo escuchar acerca de ellas. Además, los autores proponen crear y usar recursos didácticos que desarrollen la auto-dependencia tanto de acción como de pensamiento, y que les ayude a descubrir por sí mismos. Para ello, exponen doce directrices para la elaboración de material didáctico adecuado.

1. Elabore sus propio materiales didácticos en la medida de lo posible.
2. Cuando cree sus materiales didácticos, utilice las habilidades y conocimientos que sus estudiantes ya poseen.
3. Procure no hacer los materiales para sus estudiantes, sino que involúcrelos y que los hagan por sí mismos.
4. Busque maneras de usar objetos reales, en lugar de dibujos.
5. Procure dibujar la anatomía humana y los signos de enfermedades directamente sobre las personas, y no sobre un pliego de papel. Si se puede dibujar o marcar en un voluntario (siempre y cuando no sea invasivo) está bien. Si no, los autores recomiendan

utilizar una camiseta o pantalón sobre la cual estén dibujados los sistemas internos y así poder mostrarlo con un voluntario que la porte.

6. Introduzca nuevas ideas o habilidades a través de comparaciones con objetos o actividades familiares a su contexto.
7. Procure hacer los materiales didácticos lo más natural y “vivo” posibles, especialmente cuando es importante el detalle. Los dibujos deben ser sencillos o estilizados, sin sombreados. Si se trata de figuras humanas, hágalas lo más parecido al contexto de la comunidad y no olvide incluir siempre el rostro y ojos para que puedan relacionarse mejor con ellas.Si se trata de dibujos anatómicos, procure que no sean segmentadas o cortes transversales, sino que siempre haya una referencia de la anatomía externa para ser mejor comprendida.
8. Utilice materiales didácticos que no sólo sean para ver sino para hacer (manipulables o armables).
9. Elabore su material tan fascinante o divertido como pueda, en especial si se trata de una audiencia de niños.
10. Las ayudas visuales no sólo deben enseñar o explicar algo, sino deben ayudar al estudiante a pensar y descubrir soluciones por sí mismos.
11. Utilice su imaginación y motive a los estudiantes a hacer lo mismo.
12. Procure hacer las ayudas visuales lo más sencillas posibles, para que las personas las puedan reproducir, posteriormente en su comunidad, para enseñar a otros.

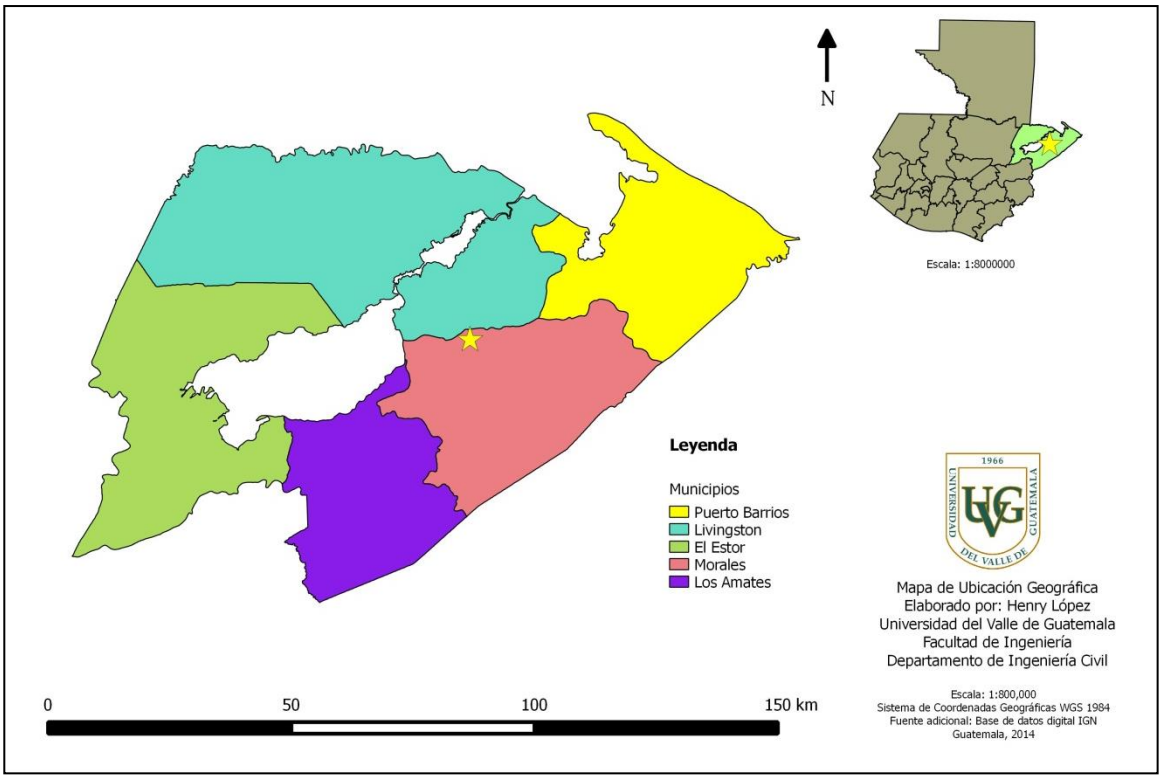
Por su parte, Marisol De León (2014), Directora de Educación de Ecofiltro en Guatemala, indica que el material didáctico que los educadores de Ecofiltro utilizan es sencillo de manipular, e incluye gráficas además de texto para todos los procesos de ensamblaje, uso y mantenimiento de ecofiltro, paso a paso. Esto es especialmente útil para comunidades analfabetas, además de que los dibujos son claramente entendibles, y apegados a la realidad y cultura de los usuarios.

V. ANTECEDENTES

A. MARCO CONTEXTUAL

Izabal es un departamento de la República de Guatemala, ubicado en la región nororiental (Región III) del país. Posee una extensión territorial de 9,038 km^2 y su población en el 2006 era aproximadamente de 364,924 personas. Según proyecciones en el 2014, se estiman 445,125 habitantes, con una densidad de 49 habitantes/km^2 (INE, 2014). El departamento cuenta con cinco municipios, que son: El Estor, Livingston, Los Amates, Morales, Puerto Barrios, (Chang, G. 1989).

Figura 71. Ubicación geográfica del municipio de Morales, Izabal



Fuente: Elaboración propia con base en datos del IGN.

La economía del departamento se mantiene de la agricultura que está muy desarrollada. Los principales productos son: café, maíz, arroz, banano, plátano, naranja, piña, entre otros. El ganado vacuno, porcino y equino es también otra fuente de ingresos (Chang, G. 1989).

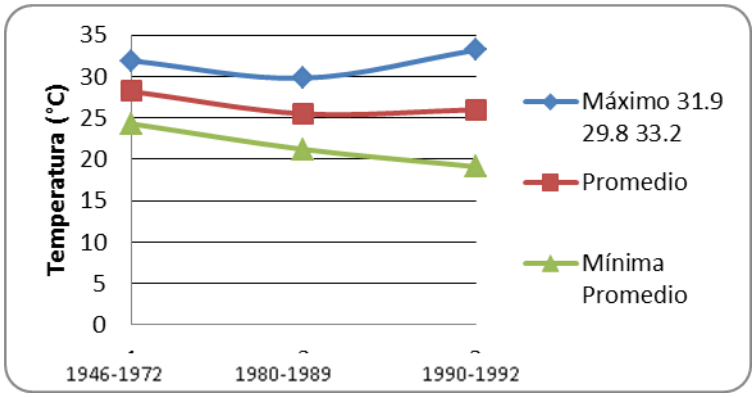
El caserío Cumbre de San Agustín se encuentra situado en la latitud norte 15º33’51.14” y la longitud oeste 88º49’53.39”, en la cumbre de una montaña, a 15 km de la cabecera municipal de

Morales, departamento de Izabal, y a unos 262 km de la ciudad de Guatemala (EPICSA, 2008). Limita al norte con el caserío Nuevo Paraíso, al sur con la aldea Cumbre el Rosario, al este con la comunidad de Cumbre San José y al oeste, con el caserío Agua Blanca (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010). El acceso a la comunidad se da por la vía CA-9, luego 5.5 km por la vía CA-13 hasta la entrada al Caserío Cumbre el Rosario, y posteriormente 3 km en una vía de terracería en mal estado que conduce hasta la entrada de la comunidad (EPICSA, 2008). En el caserío no existen carreteras, sino únicamente veredas en la montaña. Según las entrevistas diagnósticas, realizadas durante el Taller de Megaproyecto 2, por las condiciones viales, los pobladores se transportan a pie o con bestias de carga hasta la carretera, en donde pueden conseguir transporte colectivo; los únicos vehículos que pueden transitar son pick-ups de doble tracción y motocicletas (Pobladores, 2014).

La flora del lugar consta de árboles de laurel, cedro, chico-zapote, amate, San Juan, balso, zapote, entre otros. Y la fauna está compuesta por animales domésticos tales como cerdos, caballos, vacas, gatos, perros y gallinas. La climatología es generalmente cálida, debido a las bajas alturas con respecto al nivel del mar, tiene una humedad superior al promedio del resto del país, por la cercanía de masas de agua como el Lago de Izabal y el Mar Caribe, y la cobertura de bosques tropicales en muchas áreas.

Según los datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), ha habido un aumento en las temperaturas máximas y una disminución de magnitud de las temperaturas mínimas alcanzadas durante los veranos e inviernos durante los últimos años, como se puede observar en la Figura 72.

Figura 72. Comportamiento de la temperatura (1946-1992)



Fuente: Elaboración propia, con datos del INSIVUMEH; Estación 8.1.4 de Puerto Barrios

Según las temperaturas registradas, los meses más cálidos son de marzo a julio, siendo mayo el que ha registrado temperaturas absolutas más altas; y los meses fríos son de octubre a

febrero, siendo enero el que ha registrado las temperaturas más bajas. También se ha observado según la correlación entre temperatura y presión atmosférica, que en meses de calor la presión aumenta, y cuando hay frío la presión disminuye (Chang, 2006).

Según datos provistos por el Alcalde Auxiliar, Señor Fidelino Jordán, en entrevista realizada durante la fase de Megaproyecto 2, la población asciende alrededor de 200 personas distribuidas en 26 viviendas (Pobladores, 2014). Estos datos varían levemente de otros obtenidos en investigaciones previas, pues en 2008 se reportaba un total de 179 habitantes en 28 viviendas (EPICSA, 2008); y en 2011 un total de 134 habitantes en 26 viviendas (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010).

Las viviendas tienen variaciones en las dimensiones, desde 36 m^2 hasta 72 $m^{2.}$, y la distribución de las mismas no sigue un patrón de urbanización, sino que están distribuidas en las laderas de manera aleatoria. Además, están construidas de bahareque y madera, con pisos de tierra y techos en su mayoría, de palma o lámina, de una sola habitación y albergan a un promedio de entre 5 y 6 personas (EPICSA, 2008) (Pobladores, 2014). La población es principalmente mestiza, y se habla el español.

La comunidad cuenta, desde el año 2000, con una escuela (EORM Caserío San Agustín la Cumbre) registrada en el MINEDUC como centro educativo para párvulos y de primaria. Cuenta con 32 niños inscritos y está a cargo de dos maestras multigrado que se desplazan todos los días hacia la comunidad, pues no son residentes de San Agustín (MINEDUC, 2013). Los pobladores también reportan que la mayor parte de los niños y adolescentes ya cursaron o están cursando la escuela primaria; mientras que los adultos tienen poca o nula escolaridad y en su mayoría son analfabetos. Durante la fase inicial de entrevistas, sólo se supo de un caso que estudia la secundaria. Debido a que la comunidad no cuenta con un instituto de educación secundaria, los jóvenes viajan a Morales a estudiar, lo que supone un gasto de Q.14.00 diarios para transportarse, siendo éste un rubro que la mayor parte de los pobladores no puede cubrir (Pobladores, 2014).

En cuanto a servicios de salud, no existe un puesto o centro de salud en la comunidad, siendo el más cercano, el Centro de Salud de Morales, a 15 km aproximadamente. Las enfermedades más comúnmente presentadas en la comunidad son la diarrea y las infecciones respiratorias agudas. Además, la comunidad carece de sistemas de alcantarillado, disposición de excretas, disposición de aguas residuales, alumbrado público, electricidad y acceso a agua potable (EPICSA, 2008); (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010) (Pobladores, 2014).

Los hábitos y prácticas higiénicas y sanitarias se encuentran mermados en la comunidad. La mayor parte de los pobladores no se calza; la mayoría de niños carecen de ropa, y presentan un aspecto desprolijo. Según datos provistos por los pobladores y por un empleado de Plan Internacional, hace algunos años se realizó un proyecto de instalación de letrinas, por lo que la mayor parte de casas cuenta con este servicio (Pobladores, 2014).

Sólo hay dos inmuebles que cuenta con agua en tubería; ya que, según información del Alcalde Auxiliar del lugar, un proyecto municipal inició hace años en la comunidad pero sólo llegó a completar una casa y el edificio de la escuela, antes de que se descontinuara el mismo (Pobladores, 2014). Esta casa se abastece del proyecto de agua potable de Cumbre San José, una comunidad vecina (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010). Los demás pobladores se abastecen de agua de dos quebradas del Río Amatillo y dos nacimientos de agua. Dicha agua es utilizada para consumo humano y labores del hogar como lavar ropa, cocinar y bañarse; y la gran mayoría de las familias reportó no dar ningún tratamiento al agua, previo a su ingesta. El agua está disponible a todas horas del día; sin embargo, durante los meses más calurosos de la época seca (marzo-abril) escasea el vital líquido (Pobladores, 2014). Debido a las condiciones climáticas del departamento de Izabal, la demanda de agua promedio es de 150 litros de agua por habitante por día (EPICSA, 2008)

Puesto que no existe un sistema de drenaje sanitario, la disposición de las aguas residuales se realiza 100% en su propio terreno, incluye las fuentes de agua. Además, la población no cuenta con un lugar de almacenamiento y tratamiento de los desechos, por lo que éstos son tirados a la par de sus viviendas y/o quemados; y los desechos orgánicos como la tusa, es utilizada para abono, según la encuesta realizada en la primera visita de campo en el año 2014.

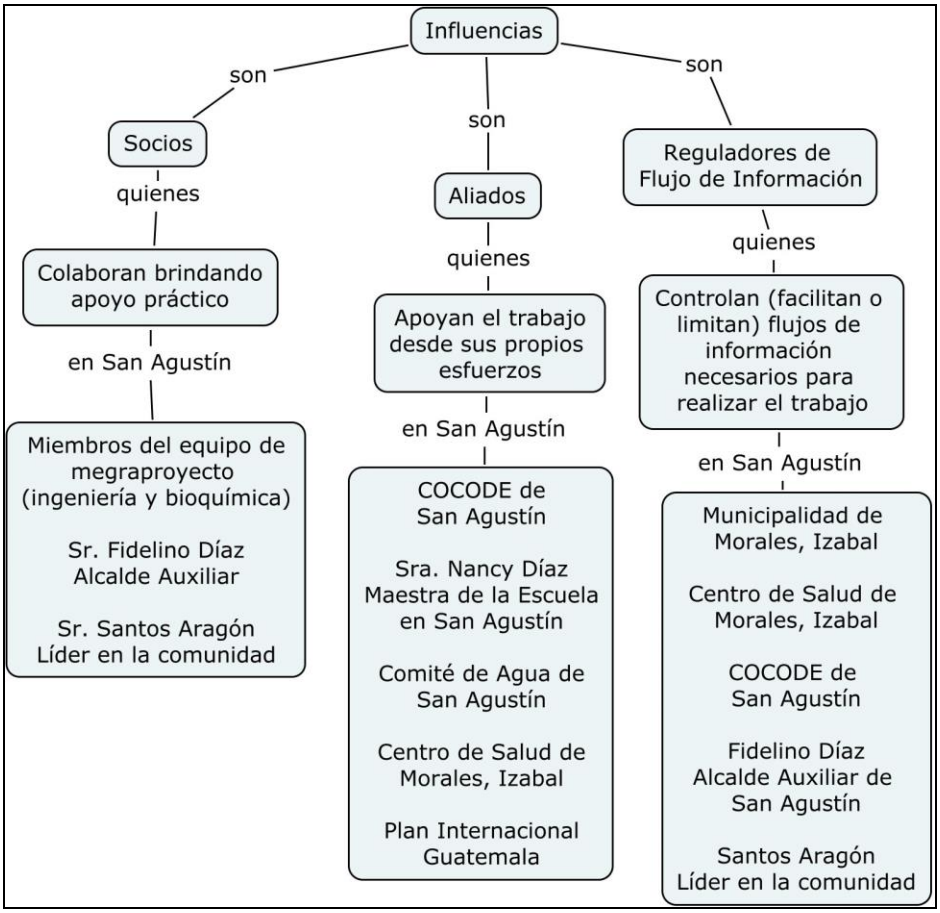
Aunque la población no cuenta con electricidad, ni presencia de medios de comunicación como la televisión o diarios impresos, un estudio de 2010 reportó la presencia de algunas radios en Cumbre San Agustín (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010).

En cuanto a las actividades económicas, la comunidad se sostiene a base de agricultura de subsistencia. En general, los hombres se dedican a la agricultura de subsistencia y las mujeres son amas de casa. No existe actividad artesanal; algunas personas se dedican a comerciar productos agrícolas en otras comunidades, en especial la piña (EPICSA, 2008) (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010) (Pobladores, 2014). No existen otras fuentes de ingreso, empleo o comercio en la comunidad, ya que no se cuenta con establecimientos comerciales de ningún tipo. La comunidad, por lo tanto, se encuentra en una situación de pobreza, y de pobreza extrema en algunos casos.

Según información provista por el encargado de Proyectos de Agua de la Municipalidad de Morales, en entrevista durante la fase de Taller de Megaproyecto 2, la Municipalidad de está en la disposición de invertir en una planta de tratamiento de agua; sin embargo, debido a que la fuente de agua no es tan cercana a las casas, se calcula que el proyecto podría requerir una inversión que supere los 50 millones de quetzales, en un tiempo de 3 a 5 años (López, 2013).

Algunos de los aliados y socios que podrían influir en el éxito del Megaproyecto se presentan en la Figura 73.

Figura 73. Aliados y socios. Cuadro de elaboración propia basada en modelo de la Guía de implementación de la estrategia CCSyC en el Altiplano de Guatemala



Fuente: USAID & C-Change, sf

Figura 74. Vista del terreno y tipología estructural de las casas.

Fuente: Rivera, 2014

Figura 75. Detalle del techo y vigas de techo.

Fuente: Rivera, 2014

Figura 76. Ejemplo de casa construida con mampostería y madera.

Fuente: Rivera, 2014

Figura 77. Cubetas utilizadas en cada casa, para recolectar el agua de lluvia que cae de los techos.

Fuente: Rivera, 2014

Figura 78. Nacimiento de agua con estructura improvisada, utilizado como pozo para abastecimiento de agua, para consumo humano.

Fuente: Caballeros, 2014

Figura 79. Río Amatillo utilizado para abastecimiento de agua para consumo humano

Fuente: Caballeros, 2014

Figura 80. Casa con techo de paja ubicada en el caserío cumbre San Agustín

Fuente: Caballeros, 2014

Figura 81. Casas con techo de lámina, ubicadas en el caserío cumbre San Agustín

Fuente: Caballeros, 2014

Figura 82. Captación de agua pluvial por parte de los pobladores

Fuente: Caballeros, 2014

B. MARCO LEGAL Y SITUACIÓN DEL AGUA

La Constitución de la República de Guatemala, en sus artículos 93º y 94º, establece que la salud es un derecho fundamental de todo ser humano por igual, y que es obligación del estado velar por ella, y desarrollar para este fin “acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las [acciones] complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social” (Gobierno de Guatemala, 1985).

Además, el Código de Salud, Decreto 90-97, clarifica que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social desarrolla acciones de promoción de salud, de prevención de la salud y acciones con respecto al medio ambiente que busquen el acceso de la población a servicios de agua potable, eliminación de desechos (sólidos y excretas), entre otros. Resalta también en dicho decreto, la sección sobre agua potable, que determina que el Ministerio de Salud en conjunto con otras instituciones gubernativas debe impulsar políticas que garanticen el acceso y cobertura universal a servicios de agua potable, siendo obligación de las municipalidades el abastecimiento de agua y obligación del Ministerio de Salud velar por y monitorear la calidad de la misma (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

En 2008, la empresa Estudios y Proyectos de Ingeniería Civil y Sanitaria (EPICSA) realizaron un estudio de factibilidad y diseño final para la introducción del sistema de agua potable a Cumbre de San Agustín, a petición de las autoridades de la Municipalidad de Morales, Izabal. Esto luego de que la comunidad se organizara y solicitara apoyo a la comuna, ofreciendo mano de obra y el pago de una mensualidad. Este estudio de factibilidad rindió una propuesta de solución con un costo total de Q.875,390.67 (EPICSA, 2008).

Para 2009, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social emitió el "Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano", el cual detalla de forma oficial los procesos, métodos y pasos que deben seguir las autoridades gubernamentales para la purificación de agua que se destina para el consumo humano (MSPAS, 2009).

En 2010, SEGEPLAN, a través del Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Morales publica su "Plan de desarrollo. Morales, Izabal 2011-2025" en el cual menciona proyectos de letrinización, construcción de drenajes en "todo el municipio" y un proyecto de ampliación del sistema de agua potable "en 5 comunidades". Sin embargo, de forma específica en la matriz de proyectos, para el período 2011-2025, sólo se contempla para la Cumbre de San Agustín la construcción, equipamiento de aula y muro perimetral de la escuela primaria de la comunidad (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Morales, 2010). También en este año, análisis de muestras de agua del caserío Cumbre de San Agustín, realizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, reflejaron la presencia de *E. coli* y contaminación de materia fecal, por lo que se recomendó el tratamiento con cloro o sus derivados previos al consumo humano (Aguirre, 2010).

Para 2011, la Municipalidad de Morales, Plan Internacional Guatemala y representantes de la comunidad de San Agustín firman un convenio, estableciendo un plan comunitario en agua y saneamiento ambiental, cuya meta es una cobertura del 100% de la comunidad en agua y saneamiento (Municipalidad de Morales & Plan International Inc., 2010). En tanto, ese mismo año, el MSPAS decreta el Acuerdo Ministerial 572-2011, el cual establece las normas de diseño para sistemas rurales de agua potable (MSPAS, 2011).

En 2012, la Dirección del Área de Salud de Izabal comunica al Alcalde Municipal de Morales que otorga su aval para la ejecución del proyecto "Construcción de Agua Potable Aldea Cumbre San Agustín" entre otros (Quinto Barrios, 2012). Más adelante en 2013, se publica el "Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano" el

cual da especificaciones de cómo y qué tan frecuentemente debe monitorearse el agua de consumo humano tanto urbano como rural (MSPAS, 2013).

Sin embargo, hasta la fecha, el caserío Cumbre de San Agustín, continúa sin un sistema de abastecimiento de agua potable o sistemas de saneamiento y manejo de desechos. Además, un análisis del contexto con las posibles audiencias para el programa educativo se resume en el Cuadro 51, con la información recabada en entrevistas semi-estructuradas durante la visita de evaluación diagnóstica del Taller de Megaproyecto 2.

Cuadro 51: Análisis de audiencias.

	PERSONAS AFECTADAS DIRECTAMENTE	PERSONAS QUE EJERCEN INFLUENCIA DIRECTA SOBRE ELLAS		PERSONAS QUE EJERCEN INFLUENCIA INDIRECTA SOBRE ELLAS	
Audiencia	**Niños y adolescentes**	**Familia (Madres y padres)**	**Escuela**	**COCODE**	**MSPAS y MINEDUC**
Información	Poco acceso a información sobre agua, salud, saneamiento e higiene. Observan e imitan prácticas poco saludables e higiénicas sobre agua de consumo humano.	Crecieron sin acceso a información y aún carecen de ella, imitando prácticas aprendidas desde su niñez. No existe accesibilidad de información sobre salud, agua, higiene y saneamiento. Esperan que la escuela sea el ente formador e informador	Dos maestras multigrado y jornada de estudio corta puede limitar el tiempo y oportunidad para educar en salud. Tienen más acceso a información de prácticas de salud, higiene, saneamiento y manejo de agua.	Podrían tener más información, ya que se ha organizado una comisión de agua y de desarrollo comunitario previamente. Como miembros de la comunidad, puede que sus mismos conocimientos estén limitados.	Existe información y recursos didácticos (cartillas, carteles, etc.) Los puestos y centros de salud tienen educadores en salud. El MINEDUC contempla en el CNB componentes de salud y seguridad.
Motivación	Falta de motivación para mejorar su situación de salud y educación debido a aspectos económicos y culturales	Falta de motivación para mejorar su situación de salud y educación debido a aspectos económicos y culturales. Rechazo de proyecto de abono orgánico por ser más trabajoso. Por sus hijos y el bienestar de su familia pueden motivarse a hacer cambios. Buena recepción del Megaproyecto.	Podrían apoyar el proyecto educativo comunitario como una extensión de su labor educativa, y como una forma de mejorar su ambiente educativo.	Deseo de impulsar el desarrollo comunitario y ayudar a las familias de su comunidad.	Distancia, tamaño y difícil acceso a la comunidad hacen que no exista presencia del MSPAS o MINEDUC en esta área, apoyando o verificando las políticas de educación en salud.
Capacidad de Acción	Limitada dentro de la jerarquía de poderes en la familia. Pueden cambiar las prácticas de la futura generación de adultos.	Pueden implementar en sus hogares los cambios en las conductas (aplicación de medidas sanitarias, de salud, higiénicas y de manejo de agua)	Ejercen influencia educativa en la comunidad, por lo que podrían prestar instalaciones, tiempo, recurso humano y asesorar el proyecto educativo.	Dirigen en cierta medida las acciones de la comunidad (líderes comunitarios) Organización les permite acceso a entidades gubernativas y ONGs para la solicitud de apoyo en proyectos de desarrollo comunitario.	Debido a la poca presencia existente, su capacidad de acción se ve limitada, sin embargo como entes oficiales, pueden proveer recursos, acompañamiento y asesoría para el proyecto. Son creadores de políticas gubernamentales.
Normas	Los niños respetan y acatan lo dictaminado por los padres sin derecho a réplica.	A veces desconfianza de personas de afuera que les cambien los paradigmas. Si el agua se ve limpia está limpia. Siempre se han hecho las cosas así.	Puede haber desconfianza de personas externas que lleguen a implementar un proyecto educativo ajeno al suyo. Muchas escuelas se limitan a la enseñanza de lectoescritura y aritmética, dejando a un lado la educación en salud.	Muchos dirigentes comunitarios se auto-perciben como proveedores de servicios, por lo que puede que se enfoquen en infraestructura y no en educación en salud.	Existen leyes y políticas nacionales que favorecen la educación en salud; sin embargo no se han cumplido para esta comunidad.

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de Implementación de la Estrategia CCSyC en el Altiplano de Guatemala (USAID & C-Change)

VI. METODOLOGÍA

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA.

1. Toma de muestras de agua. Para la recolección de las muestras de agua se utilizaron frascos de polipropileno de 250ml con boca ancha marca Nalgene, los cuales fueron esterilizados previamente a 120°C y 1 atmósfera de presión durante 15 min, en una autoclave modelo 8000-DSE, marca Napco. Se tomó una muestra por cada punto identificado en la comunidad. Al final del trabajo se tomaron cuatro muestras por punto de muestreo. Dichos frascos fueron identificados con el nombre del sitio del muestreo, nombre de la persona que tomó la muestra, hora y fecha. Al momento de tomar la muestra de agua fue necesario sumergir el frasco cerrado a unos 50 cm de profundidad, se abrió dentro del agua y cuando se llenó el frasco se cerró también dentro del agua. Las muestras se guardaron en una hielera, con suficiente hielo para mantenerlas en un lugar fresco hasta que se usaron en las pruebas laboratorio, sin dejar pasar más de 24 horas después de la toma.

2. Medición de pH. Para medir el pH de las muestras de agua se utilizó un potenciómetro HQ40d multi marca HACH y se le adaptó el electrodo modelo PHC101, marca HACH. Después de conectar el equipo, se realizó la calibración, usando soluciones tampón de pH 4, 7 y 9. Se Presionó el botón de calibrar y se introdujo el electrodo en cada solución estándar. Al terminar la calibración se colocaron 25ml de la muestra, en un beaker de 100ml. Se lavó el electrodo con agua destilada y se secó con toallas de papel absorbente, luego se colocó el electrodo en la muestra y se presionó el botón de medición. Fue necesario esperar la estabilización del equipo para hacer la lectura del pH. Después, se retiró el electrodo de la muestra y se lavó nuevamente. Este proceso se repitió con cada muestra.

3. Turbidez del agua. Para determinar la turbidez de las muestras de agua se utilizó un espectrofotómetro UV/VIS mini 1240, marca Shimadzu. Se procedió a encender el equipo y a esperar 15 min para poder utilizarlo, luego se programó a una longitud de onda de 540nm, y se colocó dentro del espectrofotómetro una celda de cuarzo con agua destilada (blanco); se cerró la tapa del equipo y se presionó el botón auto-cero. Luego, se retiró esta celda y se colocó otra celda de cuarzo con la muestra de agua, se cerró la tapa del equipo y se presionó el botón de start para obtener la lectura (este proceso se repitió con todas las muestras de agua). Se retiró la celda y se apagó el equipo.

4. Determinación del olor. Para determinar el olor se procedió a colocar 10ml de la muestra en un tubo de ensayo. Se utilizaron tres tubos de ensayo por muestra y se solicitó a tres personas que tomaran un tubo de ensayo y olieran la muestra para determinar si aceptaban o rechazaban el olor. Se hizo un promedio de la opinión de las personas según

su percepción, y ese valor se tomó como el correcto. Se utilizó agua destilada como olor de referencia.

5. Conductividad. Para determinar la conductividad de las muestras de agua se utilizó un medidor portátil de conductividad, SENSION156, marca HACH. Primero se encendió el aparato y se presionó el botón CON, luego el de SETUP, para después calibrar el equipo a partir de un solución de KCL, para la cual se pesó 0.074 g de KCl en una balanza analítica Ohaus, marca Pioneer y se disolvieron en 100ml de agua destilada. De inmediato se colocó el electrodo antes lavado con agua destilada y secado con toallas de papel absorbente, dentro de la solución estándar de KCl. Se presionó el botón CAL, y utilizando las flechas se ajustó a 1413 µS/cm y se presionó ENTER. Después de la calibración se colocaron 25 ml de la muestra en un beaker de 100 ml y se lavó el electrodo con agua destilada, y se secó con toallas de papel absorbente. Se colocó el electrodo dentro del beaker con la muestra, se presionó el botón READ esperando a que estabilizara el equipo para tomar la lectura de conductividad de la muestra. Por último, se retiró el electrodo de la muestra y se lavó nuevamente con agua destilada y se secó con toallas de papel absorbente. Este proceso se repitió con todas las muestras.

6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Para determinar el DBO de las muestras de agua se utilizó un potenciómetro HQ40d multi, marca HACH y se le adaptó el electrodo modelo LDO, marca HACH. Primero se preparó el buffer con un sobre del reactivo BOD Nutrient Buffer, marca HACH, y se disolvió en 3 l de agua destilada. Se utilizaron dos frascos desechables de DBO de 300 ml, marca HACH, por muestra, en uno se colocaron 10 ml y en otro 20 ml de la muestra, luego se llenaron los frascos hasta la marca de 300 ml con el buffer preparado. Se lavó el electrodo con agua destilada, no se secó (solo se quitó el exceso de agua). Se colocó el electrodo dentro del frasco desechable de DBO, en donde se encontraba la muestra, se presionó el botón de homogenizar y se esperó por 1 min. Después, se detuvo la homogenización presionando el botón, por último se presionó el botón de medición y se esperó a que estabilizara la lectura. Se retiró el electrodo de la muestra y se lavó únicamente con agua destilada, los frascos se dejaron reposar por 5 días. Al quinto día se repitió este procedimiento con todas las muestras.

7. Sólidos totales. Para determinar los sólidos totales se procedió a lavar con jabón y agua un crisol y se secó. Luego se pesó el crisol con tapadera, en una balanza analítica Ohaus, marca Pioneer y se determinó ese peso como el inicial. De inmediato se colocaron 20mL de la muestra en el crisol y se colocó en una incubadora marca Fisher Scientific, a 35°C, por tres días. Cuando toda la muestra de agua se evaporó, se tapó el crisol y se pesó nuevamente en la balanza analítica, determinando ese peso como el final. Luego se procedió a calcular la diferencia entre esos dos pesos y se tomó como la cantidad de sólidos totales. Este proceso se repitió con todas las muestras.

8. Análisis microbiológico. Para determinar la carga bacteriana de las muestras se procedió a preparar agua peptonada, al 1%, con un peso de 0.100 g de peptona y a disolverla en 100 ml de agua destilada. Se lavaron los tubos de ensayo autoclaveables con agua y jabón en los cuales se realizaron las diluciones. Luego se esterilizó el agua peptonada, los tubos de ensayo y las pipetas a 120°C y 1 atmósfera de presión, durante 15 min en una autoclave modelo 8000-DSE, marca Napco.

Antes de preparar las diluciones se desinfectó, con alcohol, la campana de flujo laminar y se colocó el agua peptonada, tubos de ensayo, pipetas, frasco de desecho, los Petrifilms™ y un marcador permanente dentro de ella. Se prepararon las siguientes diluciones: (1:10) con 1 ml de muestra y 9 mL de agua peptonada, (1:100); colocando 1ml de la dilución 1:10 y 9 ml de agua peptonada, (1:1,000) colocando 0.1 ml de la dilución 1:10 y 9.9 ml de agua peptonada.

Con las diluciones ya preparadas se procedió a rotular las placas Petrifilm™ colocando con marcador permanente, en la esquina superior derecha, la fecha de análisis, el lugar de análisis y la dilución correspondiente. Se agregó 1 ml de la muestra directa en la placa Petrifilm™ y 1ml de cada dilución, se dejó incubar las placas de 24 a 48 horas a 35°C, luego se observaron las placas y las colonias azules azules con gas, correspondían a colonias de *E.coli;* y las colonias rojas con gas, a los coliformes.

9. Análisis de nitratos en agua. Para determinar la concentración de nitratos en agua, se utilizó un colorímetro DR/890, marca HACH. Para utilizarlo se encendió el aparato, se presionó el botón PRGM 7. Se presionaron seguidos los botones TIME 5, STORE 1 y ENTER para programar el equipo para la lectura de nitratos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla NO3-N. Con el equipo ya listo se procedió a agregar 10ml de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, se agregó el contenido de un sobre del reactivo NitraVer5, marca HACH y se mezcló por 15 seg. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 1 min de espera que el aparato contó; después del minuto se presionó el botón ENTER, para iniciar el tiempo 2 de espera que fue de 5 min. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10mL de la muestra, en una celda HACH especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de agua

.

10. Análisis de nitratos en suelo. Para determinar la concentración de nitratos en el suelo se utilizó un colorímetro DR/890, marca HACH. Se prepararon las muestras pesando 20 g del suelo, y se disolvieron en 90 ml de agua destilada, se dejó sedimentar por 2 h y se utilizó la capa acuosa como muestra. Para utilizar el equipo se encendió y se presionó el botón PRGM 7, luego se presionaron seguidos los botones TIME 5, STORE 1 y ENTER para programar el equipo para la lectura de nitratos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla NO3-N. Con el equipo ya listo, se procedió a agregar 10ml de la muestra, en una celda HACH especial para el colorímetro DR/890, se agregó el contenido de un sobre del reactivo NitraVer5, marca HACH y se mezcló por 15 segundos. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 1 minuto de espera que el aparato contó, después del minuto se presionó el botón ENTER para iniciar el tiempo dos de espera que fue de 5 min. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10ml de la muestra en una celda HACH especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura, y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de suelo

.

11. Análisis de nitratos en agua. Para determinar la concentración de nitritos en agua se utilizó un colorímetro DR/890, marca HACH. Para utilizarlo se encendió el aparato, se presionó el botón PRGM 7, luego se presionaron seguidos los botones CONC 6, ZERO 0 y ENTER para programar el equipo para la lectura de nitritos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla NO2-N. Con el equipo ya listo se procedió a agregar 10mL de la muestra en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890; se agregó el contenido de un sobre del reactivo NitriVer3, marca HACH y se mezcló por 15 seg. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 15 minutos de espera que el aparato contó. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10mL de la muestra, en una celda HACH especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de agua.

12. Análisis de nitritos en suelo. Para determinar la concentración de nitritos en agua se utilizó un colorímetro DR/890, marca HACH. Se prepararon las muestras del suelo, pesando 20 g, y se disolvieron en 90ml de agua destilada; se dejó sedimentar por 2 h y se utilizó la capa acuosa como muestra. Para utilizarlo se encendió el aparato, se presionó el botón PRGM 7, luego se presionaron seguidos los botones CONC 6, ZERO 0 y ENTER, para programar el equipo para la lectura de nitritos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla NO2-N. Con el equipo ya listo se procedió a agregar 10mL de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890; se agregó el contenido de un sobre del

reactivo NitriVer3, marca HACH, y se mezcló por 15 seg. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 15 min de espera que el aparato contó. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10mL de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de suelo.

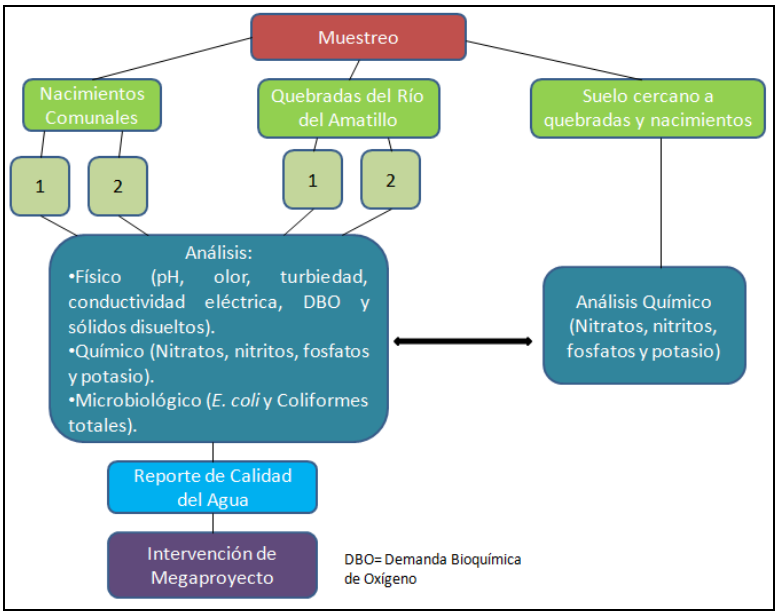
13. Análisis de fosfatos en agua. Para determinar la concentración de fosfatos en agua, se utilizó un colorímetro DR/890, marca HACH. Para utilizarlo se encendió el aparato, se presionó el botón PRGM 7, luego se presionaron seguidos los botones PRGM7, PRINT 9 y ENTER para programar el equipo para la lectura de fosfatos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla PO4. Con el equipo ya listo se procedió a agregar 10ml de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, se agregó el contenido de un sobre del reactivo PhosVer3, marca HACH y se mezcló por 15 seg. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 2 min de espera que el aparato contó. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10 ml de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo, y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de agua

14. Análisis de fosfatos en suelo. Para determinar la concentración de fosfatos en agua se utilizó un colorímetro DR/890 marca HACH. Se prepararon las muestras, pesando 20 g del suelo, y se disolvieron en 90mL de agua destilada; se dejó sedimentar por 2 h y se utilizó la capa acuosa como muestra. Para utilizarlo se encendió el aparato, se presionó el botón PRGM 7, luego se presionaron seguidos los botones PRGM7, PRINT 9 y ENTER para programar el equipo para la lectura de fosfatos, debe aparecer en la parte inferior de la pantalla PO4. Con el equipo ya listo se procedió a agregar 10 ml de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, se agregó el contenido de un sobre del reactivo PhosVer3, marca HACH y se mezcló por 15 seg. Se presionaron los botones TIMER CE y ENTER para iniciar 2 min de espera. Cuando el tiempo terminó se agregaron 10mL de la muestra, en una celda HACH, especial para el colorímetro DR/890, a la cual no se le agregó el reactivo y se utilizó como blanco dentro del colorímetro. Se presionó el botón ZERO 0 y se retiró la celda. Luego se colocó la muestra con el reactivo dentro del colorímetro, se presionó el botón READ, se esperó la lectura y se retiró la celda. Este proceso se repitió con cada muestra de suelo.

15. Análisis de potasio en agua. Para determinar la concentración de potasio en la muestras de agua se utilizó un espectrófotometro de absorción atómica PinAAcle 900F, marca PerkinElmer. Se encendió el equipo y se esperaron 15 min para poder utilizarlo. Luego se procedió a configurar el equipo, encender la llama y correr los estándares de potasio de 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 y 4 ppm para la curva de calibración (los estándares ya estaban preparados por el laboratorio de Análisis Instrumental y el proceso fue realizado únicamente por el encargado del laboratorio). Se determinó la curva de calibración y se procedió a correr las muestras, las cuales fueron aspiradas directamente de la botella de recolección de la muestra y se imprimieron los resultados.

16. Análisis de potasio en suelo. Para determinar la concentración de potasio en la muestras de suelo se utilizó un espectrófotometro de absorción atómica PinAAcle 900F, marca PerkinElmer. Antes de utilizar el equipo se procedió a preparar las muestras, pesando 1 g, del suelo previamente secado en una incubadora marca Fisher Scientific, a 35°C, ese g se agregó a un balón de 100 ml y se aforó con agua ultrapura; después, esta solución se filtró a partir de un embudo y un filtro Whatman #5, hasta obtener 25 ml aproximadamente de la muestra. Al tener las muestras de suelo listas para el análisis se encendió el equipo y se esperaron 15 min para poder utilizarlo. Luego se procedió a configurar el equipo, encender la llama y correr los estándares de potasio de 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 y 4 ppm para la curva de calibración (los estándares ya estaban preparados por el laboratorio de Análisis Instrumental y el proceso fue realizado únicamente por la encargado del laboratorio). Se determinó la curva de calibración y se procedió a correr las muestras, las cuales fueron aspiradas directamente de los beakers con la muestra y se imprimieron los resultados.

Figura 83. Diagrama de flujo de fases de la investigación



Fuente: Caballeros, 2014

La ilustración muestra las fases de la investigación en donde este módulo abarca la toma de muestras y los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua y suelo. Este módulo brinda el reporte de calidad del agua de las fuentes del caserío, y contribuye a la intervención del megaproyecto y a la implementación de las tecnologías apropiadas para mejorar la calidad del agua de esta población.

17. Recursos materiales

a. Reactivos

1) Estándares de pH 4, 7 y 9.
2) Cloruro de Potasio (KCl).
3) BOD Nutrient Buffer.
4) Peptona.
5) Petrifilm™ (*E. coli/Coliformes*).
6) Reactivo NitraVer5.
7) Reactivo NitriVer3.
8) Reactivo PhosVer3.

b. Cristalería

1) Frasco de polipropileno, boca ancha, de 250mL.
2) Beakers de 100ml.
3) Tubos de ensayo.
4) Frascos desechables de BOD de 300ml.
5) Pipetas volumétricas de 1 y 10ml.
6) Celda Hach para colorímetro.
7) Erlenmeyers de 250ml.
8) Balones de 100ml.

c. Equipo

1) Potenciómetro HQ40dm multi, marca HACH.
2) Electrodo modelo PHC101, marca HACH.
3) Espectrofotómetro UV/VISm mini 1240, marca Shimadzu.
4) Medidor portátil de conductividad SENSION156, marca HACH
5) Balanza analítica Ohausm marca Pioneer
6) Celdas de cuarzo
7) Crisoles
8) Colorímetro DR/890, marca HACH
9) Incubadora, marca Fisher Scientific
10) Autoclave modelo 8000-DSE, marca Napco
11) Espectrómetro de absorción atómica PinAAcle 900F, marca PerkinElmer

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (A.COMOSUS) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTÍNUA

1. Buenas prácticas agrícolas

a. Visita y observación. Se realizaron visitas esporádicas a la comunidad de San Agustín para observar el entorno y la situación actual del lugar. Para recopilar datos e información se realizaron entrevistas a los habitantes y se tomaron fotos del lugar. Datos importantes obtenidos:

- Opinión de situación de vida actual
- Fuentes de agua y uso del agua
- Productos que cultivan
- Proceso agrícola actual

b. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Para realizar el Manual de Buenas Prácticas Agrícolas se evaluó la situación actual con relación a las BPA en la comunidad. Los datos necesarios para la evaluación se obtuvieron mediante observación y entrevistas en las visitas. Se realizó una lista de cotejo (Checklist) con el fin de evaluar los aspectos mencionados en (Agexpront, 2004) y (Food and Agriculture Organization, 2007) sobre las Buenas Practicas Agrícolas.

Con base a los datos obtenidos de las visitas se realizó un resumen de la lista de cotejo con los cumplimientos e incumplimientos encontrados. Se asignará una ponderación a cada aspecto de la categoría evaluada.

Cada categoría evaluada tiene un valor total de 10, dividiéndose entre los aspectos según la importancia considerada.

El manual para la comunidad incluye temas como:

- Cuidado del agua
- Cuidado de suelos
- Procesos y Métodos correctos para la conservación de suelos
- Salud e Higiene
- Manejo Post Cosecha
- Uso adecuado de agroquímicos

2. Propuesta de riego

a. Observación de situación actual

b. Revisión bibliográfica

c. Inclusión en el manual de BPA

d. Instructivo de elaboración de un sistema de riego por goteo

3. Análisis de la calidad de piña

a. Materia prima. Los frutos de piña (*A. comosus*) provinieron de cultivos ubicados en el Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

b. Método de muestreo. Se recolectaron 95 frutos al azar provenientes de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.

c. Comparación de resultados. Los resultados obtenidos de los análisis se compararon con los requerimientos indicados en la Norma del Codex para la Piña. CODEX STAN 182-1993.

Se analizaron propiedades físicas y químicas de la piña cultivada en la comunidad. Los materiales a utilizados fueron:

- Piña
- Balanza OHAUS
- Potenciómetro marca HANNA INSTRUMENTS Modelo HI 99161
- Refractómetro Marca ATAGO Modelo Pocket. (0-85%)
- Regla de 30cm
- Cinta métrica extensible
- Cuchillos
- Licuadora marca Ostericer
- Recipientes plásticos
- Material de Cristalería de laboratorio (Beakers 250mL)

d. Análisis físicos

1) Medición de peso

Pesar piña con hojas en la balanza

Cortar hojas de la piña

Pesar piña sin hojas en la balanza

2) Medición de tamaño y forma

Medir largo de hojas más largas con la regla

Medir alto, ancho y circunferencia de la piña con la cinta métrica

3) Evaluación de defectos y estado de madurez

Evaluar presencia de golpes y defectos según CODEX STAN 182-1993.

Evaluar color y presencia de manchas en las hojas.

Comparar con los requerimientos del CODEX STAN 182-1993.

La apariencia física y defectos en la piña se evaluaran según las condiciones que se mencionan en el CODEX STAN 182-1993 que son:

- Estar enteras, con la corona o sin ella;
- Estar sanas, y exentas de podredumbre o deterioro que haga que sean aptas para el consumo;
- Estar limpias, y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible;
- Estar prácticamente exentas de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- Estar prácticamente exentas de daños causados por plagas;
- Estar exentas de humedad externa anormal, salvo de la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- Estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- Tener un aspecto fresco, incluidas en su caso las coronas, que deberán estar exentas de hojas muertas o secas;
- Estar exentas de daños causados por bajas y/o altas temperaturas;
- Estar exentas de manchas obscuras internas;
- Estar exentas de manchas pronunciadas.

e. Análisis fisicoquímicos

1) Medición de porcentaje de sólidos solubles (Grados Brix)

- Pelar y cortar la piña en trozos
- Licuar la piña previamente cortada
- Verter la piña licuada en un recipiente pástico o Beaker
- Calibrar el Refractómetro ATAGO utilizando agua destilada a T ambiente y presionando el botón “Zero” hasta que la pantalla muestre un cero.
- Colocar la muestra en el Refractómetro y medir Porcentaje de Sólidos Solubles (Grados Brix) presionando el botón “Start”.

2) Medición de pH

- Utilizar muestra licuada del Beaker
- Calibrar el Potenciómetro HANNA INS. utilizando soluciones de pH 4 y 7.
- Medir el pH de la muestra en el Beaker utilizando el potenciómetro.

Se presentará el valor promedio de los datos obtenidos al igual que una ficha técnica para la piña de la comunidad indicando su clasificación y cumplimiento según los parámetros de la Norma para la Piña CODEX STAN 182-1993

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

1. Predimensionamiento. Se dibujaron 24 planos estructurales y arquitectónicos con dimensiones propuestas de la casa a través de un software Revit structure 2013 para predimensionar la estructura.
    a. Se dibujaron los planos acotados de planta, elevaciones frontales y laterales.
    b. Se dibujó el modelo 3D utilizando el mismo software.

2. Diseño estructural
    a. Diseño de las vigas de techo, cubierta y canales en base a código ASCE 7-10, AGIES 2010 e IBC 09 y software Mathcadprime.
    b. Elaboración de la propuesta de cargas de diseño, con base en el código AGIES 2010.
    c. Cálculo de efectos máximos de momentos, corte, y deflexiones en las vigas, a través del software computacional Mathcad Prime.
    d. Chequeo de demanda versus capacidad de los miembros en flexión, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra y corte, hasta alcanzar un límite no mayor a 95% en la relación, para garantizar que los elementos estructurales no fallarían bajo ningún sobreesfuerzo. Se usó el software computacional Mathcad Prime.
    e. Diseño de los páneles interiores y exteriores de vivienda, con base en el código AGIES 2010 e IBC 09, ASCE 7-10, NDS 2005 y en el software Mathcadprime.
    f. Se propusieron las cargas de diseño con base en el código IBC 2009.
    g. Cálculo de efectos máximos, 4 chequeos en total, para diseño por viento y para diseño por sismo, de momentos, pandeo lateral torsional, flexocompresión, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular y deflexiones en los miembros verticales y horizontales, mediante el software computacional Mathcad Prime.
    h. Chequeo de demanda versus capacidad de los miembros en flexión. Se usó el software computacional Mathcad Prime hasta alcanzar un límite no mayor a 95% en la relación, para garantizar que los elementos estructurales no fallarían bajo ningún sobreesfuerzo.
    i. Diseño de la losa de cimentación.
    j. Propuesta de las cargas de diseño con base en el código AGIES 2010 e IBC 2009.

k. Cálculo del volumen de concreto en m^3 y refuerzo de losa, siguiendo los lineamientos de AGIES 2010, ACI e IBC 2009.
l. Diseño de la mezcla de concreto para la losa. Se empleó el software Microsoft Excel y lineamientos de ACI 318.

3. Diseño de las conexiones
   a. Uso de la fuerza de corte y la tensión obtenida para los miembros anteriormente calculados con el fin de dimensionar el tamaño geométrico de los conectores. Se tomó como base el diseño NSD 2005.
   b. Chequeo de la demanda versus capacidad de los conectores, mediante el software computacional Mathcad Prime.

4. Validación de resultados. Se recalcularon las secciones de los miembros estructurales por medio de 4 iteraciones por cada miembro estructural, para optimizar el volumen de madera por pie/tabla. Se comprobó que en cada chequeo se pudiera alcanzar el porcentaje más alto posible de relación de demanda versus capacidad de los elementos, sin exceder el 95% para comprobar la optimización de las piezas de madera.

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

1. Precipitación pluvial neta. Se realizó una sumatoria de los milímetros de agua por mes, desde el año 2011 hasta junio del 2014, como se muestra en el área de cálculos de muestra 1. Luego, se obtuvo el promedio de cada mes, y se tomaron estos valores para realizar el dimensionamiento.

2. Área de captación. Con base en la Ecuación 58 se calculó el área de captación según las dimensiones establecidas en el módulo “Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia”. Se utilizó un coeficiente de escorrentía de 90 %, donde el 5% incluye factores no predecibles como evaporación y salpicaduras.

3. Diseño del sistema de almacenamiento de agua de lluvia captada
   a. Acumulación de agua por mes. Se utilizó la Ecuació 59 y los datos obtenidos en el punto 1, para calcular la cantidad de agua que se puede captar mensualmente.

   b. Demanda diaria. Se estableció una demanda de 25 l/día por persona. Esta se basó en la encuesta realizada a los pobladores y se tomó el dato más alto. Ver Cuadro 230.

c. Balance de masa en el depósito. Se utilizó la Ecuación 65 para el balance de masa del depósito y las ecuaciones 66 y 67 para evaluar si hay meses que no cubren la demanda de agua para 4 personas. El mes de marzo no cubre la demanda mensual de 4 personas, por lo que se utilizó la Ecuación 69 para sobre dimensionar el sistema y cubrir este mes. Luego, se empléo la Ecuación 70 para obtener el nuevo dimensionamiento. Este procedimiento se realizó para 5, 6, 7, 8 y 9 personas.

d. Determinación de material del sistema principal. Se investigó sobre la mejor forma de almacenamiento de agua. Y se considera que un depósito que evita la penetración de los rayos es el ideal. Las opciones varían desde construcción del depósito con blocks a depósitos prefabricados. Se eligieron los depósitos prefabricados por TALISHTE y ROTOPLAST, ya que estos presentan ventajas para el sistema, tales como su tecnología de capa anti-bacterial, filtros, garantía. Tiene presentación en varios tamaños que se especifican en el Cuadro 231.

4. Canaletas y sistema de primeras aguas

a. Canaletas. Su diseño, material y costos fueron definidos por el módulo mencionado anteriormente. Se tomó como base de cálculo una velocidad de 1 m/s en las canaletas, ya que se desconoce la velocidad en las canaletas, se supone la mencionada para cuestiones de cálculos. Se obtuvo el caudal por medio de las ecuaciones 60, 61, 62, 63 y 64.

b. Sistema de primeras aguas. Se realizó una prueba a nivel laboratorio, específicamente la válvula fabricada con una pelota de plástico, para verificar el buen funcionamiento del módelo del cual se basó, UNATSABAR 2001. Para mayor explicación ver Cuadro 126 “Elaboración de sistema de desvío de primeras aguas en tamaño laboratorio”.

1) Diseño del sistema de primeras aguas. Se necesita 1 L de aguapara limpiar 1 m^2 del área de captación, por lo que con base en la Ecuación 58 se obtuvo el área de captación y canaletas. Se logró la relación de área (m^2) y volumen (L). El resultado es la dimensión del tanque de sistema de primeras aguas.

5. Sistema de tuberías. Se utilizó el programa AutoCad para realizar el diseño. El sistema se ubicará en la parte trasera de la casa. Se dibujó una vista de frente de la parte trasera que incluye pared, techo y canaletas, se agregó el depósito más grande de dimensiones y el sistema de primeras aguas. Teniendo todas las partes a considerar se realizaron arreglos para que cumpliera las siguientes especificaciones: la tubería que conecta las dos canaletas debían tener una inclinación de 2°, estas dos tuberías son unidas por una T reductora de 4 in a 2 in. Luego esta se conecta al sistema de primeras aguas y el sistema principal; el sistema de primeras aguas en vertical y el sistema principal unido a la

tubería de primeras aguas, con un codo de 45°. Se utilizó una función de medición en el programa, para obtener las dimensiones. Ver Figura 132 “Dimensiones del sistema”.

6. Costos del sistema. Del diseño de tuberías obtenido con el programa de AutoCad se cotizaron la tubería y accesorios y se le sumó el costo del sistema de primeras aguas con base en el modelo trabajado a nivel laboratorio. Luego se cotizaron precios de depósitos de TALISHTE y ROTOPLAST para sumarlos. También se incluyó una bomba manual para extraer el agua del depósito. Ver Cuadro 125 “Costos del sistema de captación de agua pluvial” para más información.

NOTA: Para viviendas con diferente área de captación, material de techo (coeficiente de escorrentía), demanda diaria y cantidad de personas en la vivienda se realizó un simulador en Excel que toma en cuenta la variación de estos parámetros, el cual devuelve el dimensionamiento de todo el sistema y el costo estimado. Ver figuras 134 y 135.

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

1. Toma de muestras de agua. Se tomaron alícuotas de agua de lluvia, río y nacimientos del caserío de San Agustín, Morales, Izabal; en cada tres meses con el objetivo de tener un historial químico y microbiológico de las fuentes de agua disponibles en el caserío.

2. Análisis de agua. Las muestras tomadas fueron sometidas a un análisis microbiológico en un tiempo menor a 48 h y un análisis fisicoquímico donde se determinó la demanda química de oxígeno (mg/L), potencial de hidrógeno promedio, total de cloruros máximos (mg/L), color-unidades, turbidez (unidades).

3. Clasificación del tipo de fuente. A través del promedio de los análisis de agua realizados, se clasificó el tipo de fuente que se tiene y se determinó el tratamiento requerido para su potabilización. Fuente excelente, requiere de una desinfección; fuente buena, de filtración, seguida de desinfección; fuente pobre, requiere de tratamiento completo de aguas residuales y desinfección.

4. Caudal requerido. Con base en el promedio de habitantes por casa, suponiendo que cada persona consume 2 L de agua al día, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se calcula la demanda de agua requerida por casa al día.

5. Elección del tipo de tratamiento a utilizar. Después de clasificar la fuente de

agua (lluvia, río y nacimientos) se eligió el tipo de filtro y desinfección, y los materiales disponibles y de bajo costo para los habitantes del Caserío “San Agustín”.

6. Selección del tipo de filtro. Puesto que se tiene una variedad extensa de tipos de filtros, se optó porque el filtro sea de bajo costo, de aprovechamiento de caída del efluente por gravedad, que no requiera de energía eléctrica y sea de tamaño pequeño.

7. Selección del tipo de material filtrante. Para seleccionar el material filtrante adecuado se realizó una matriz, con los siguientes requerimientos: baja porosidad, retención de sólidos, espacio vacío aséptico, capaz de extraer color, olor y sabor, densidad mayor a la densidad del agua, disponibilidad, no requiera de energía eléctrica y bajo costo. A cada uno de los requerimientos se le dio una puntuación de 1 a 3 de acuerdo a su importancia. Los materiales a evaluar fueron: carbón, arena, grava, ozono, tela filtrante con una ponderación de 0 a 4, según el cumplimiento a cada requerimiento mencionado. Dichos valores se comparan con los valores ideales para un lecho filtrante; en base a ello y gravedad específica de cada material, se escoge el tipo de arena, grava y carbón más adecuado para el filtro.

8. Tamaño de lecho. Al seleccionar el material a granel adecuado, se determina el material que rige la velocidad lineal del agua dentro del filtro. La velocidad lineal debe ser igual a la velocidad filtrante ideal teórica para un filtro lento: 0.1m/h-0.4m/h; se garantiza así un tiempo de retención del agua entrante para ser potabilizada. Por medio de la ley de Darcy, se obtiene la altura de agua sobrenadante (H) adecuada para que la velocidad permanezca constante y la altura de acuerdo al caudal de agua requerido.

A través de proporción se calcula la altura del lecho de grava, carbón y tela filtrante adecuado para la velocidad del efluente y el tiempo de retención del agua dentro del filtro.

9. Tamaño filtro. Se suma la altura requerida de cada material filtrante para obtener la altura total del filtro. Como último paso de diseño, se escoge el recipiente en el cual se va a colocar el filtro, el cual debe ser de tamaño domiciliar, bajo costo, y de mantenimiento fácil y rápido.

10. Prueba eficiencia del filtro. A escala pequeña, dentro de un tubo PVC de 4 in se simula el filtro. Se tomaron 17 muestras en total, en distintas partes del río y se hicieron pasar, por un tiempo de 10 mincada una, a través del filtro. Se analizó cada una de las muestras del efluente de agua salida del filtro tanto microbiológicamente, E. coli. y coliformes; prueba fisicoquímica y organoléptica. El mismo procedimiento se realizó con el agua de lluvia, con la diferencia en que se tomaron únicamente tres muestras debido a que la diferencia entre los datos es nula.

F. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

1. Elección de materiales. La elección de materiales se hizo con base en la facilidad de obtención de los mismos. Dichos materiales son: arena, gravilla, carbón vegetal, carbón activado y caolín.

a. Arena. Éste fue el primer material que se eligió debido a que es el medio filtrante más utilizado. Se analizaron dos tipos de arena: arena blanca y arena de río.

Primero se analizó la arena de rio, se secó para poderle hacer el análisis granulométrico y de esa forma determinar el tamaño de partícula, dicho análisis se realizó en triplicado, el mismo se realizó con Mesh <20, 30, 45, 60, 80, >100, los resultados se pueden observar en la Cuadro 151 y Figura 155, en la sección de resultados. Para llevar acabo el análisis granulométrico primero se secó el material completamente, luego se pesó una cantidad y se colocó en el tamizador, pesando la muestra en cada tamizador.

Seguidamente se analizó arena blanca para determinar qué tipo de arena filtra más. Se pueden observar los análisis en el Cuadro 152 y Figura156 en la sección de resultados. Se realizó un análisis granulométrico de la misma forma que la arena de río.

b. Gravilla. También se eligió gravilla, al igual que a la arena se le realizó el análisis granulométrico en el mismo número de Mesh que se analizó la arena. Dichos resultados se pueden observar en el Cuadro 153 y Figura 157, en la sección de resultados.

Se analizaron dos tamaños de gravillas, a ambos se le hizo el análisis granulométrico (Cuadro 154 y Figura 158, en la sección de resultados). Se eligió la segunda gravilla debido a que su forma es más regular.

c. Carbón vegetal. Se analizó el carbón vegetal, pues se consigue de manera fácil que el carbón activado. Se le realizó el análisis granulométrico, ver Cuadro 155 y Figura 159, en la sección de resultados. Sin embargo, éste dio muchos problemas, los cuales se discuten en la sección de Análisis de resultados.

d. Carbón activado. Se analizó el carbón activado, ya que es muy buen adsorbente para olores y colores.

e. Caolín. Se analizó caolín porque se encuentra fácilmente en la comunidad de San Agustín, Izabal.

2. Prueba de materiales por separado. Luego de elegir los materiales se prosiguió a probarlos. Para ello se realizó un prototipo de filtro en el que se probó cada material por separado. El prototipo se construyó en tubo PVC de 4" de diámetro y 30 cm de largo (Figura 84). Se tapó con un tapón de PVC y se le abrió un agujero en medio del tapón para que el fluido pudiera salir. Sin embargo, debido a que los materiales (arena) son muy finos se le colocó Nylon en la parte inferior del tubo, para que la arena no pudiera salir. Luego se observó que el Nylon se rompía con facilidad, por lo que se decidió cambiarla por Geotextil.

Figura 84. Prototipo de filtro para pruebas

Fuente: Sanabria, 2014

Para probar los filtros (arena, grava y carbón vegetal) primero se les vertió agua destilada para que sirviera de blanco, dicha agua se analizó con nitratos, nitritos, sulfatos, sulfitos, y se midió. Este análisis se realizó antes y después de pasar por el filtro y luego se preparó una solución de jabón, la que también se analizó antes y después de pasar por el del filtro. Los análisis químicos (nitratos, nitritos, sulfatos, sulfitos) se encuentran en el Cuadro 156. El uso del colorímetro se detalla en ésta misma sección, en el inciso d.

También se determinó el tiempo de retención de filtro de grava y carbón vegetal, Cuadro 157. Éste se obtuvo al medir el tiempo en que el fluido atraviesa el lecho filtrante.

Como se mencionó con anterioridad se decidió analizar caolín, y al igual que los demás filtros, también se pasó por agua y jabón. En la Figura 85 se puede observar cómo salió el agua y el jabón por el filtro.

Figura 85. Prueba de Caolín como material filtrante

Fuente: Sanabria, 2014

3. Prueba de filtros con diferentes proporciones de materiales

a. Filtro de carbón, gravilla y arena por separado. Primero se construyeron tres prototipos (en tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro) de filtros con la misma proporción. Cada prototipo se llenó de materiales diferentes: carbón, gravilla, arena. Los resultados se encuentran en la Cuadro 158, en la sección de resultados. Así mismo, se discute sobre su funcionamiento en la sección de análisis de resultados.

b. Filtro: altura de gravilla 10 cm, arena 10 cm y carbón 10 cm. A diferencia del filtro anterior, en este filtro sí se agregaron todos los materiales (10 cm de grava, 10 cm de arena, y 10 cm de carbón vegetal).

Es importante mencionar que se realizó el filtro en duplicado, uno con arena de río y el otro con arena blanca, para determinar la arena con la que se trabajará. Dichos resultados se encuentran en la de sección de resultados.

c. Filtro: proporción de altura de gravilla 10 cm, arena 30 cm, carbón 20cm. Luego de elegir la arena a utilizar, se prosiguió a realizar otro filtro, pero con proporciones diferentes dado que el anterior se saturó muy rápido. El nuevo prototipo realizado fue un filtro con una altura de 10 cm de grava, 30 cm de arena y 20 cm de carbón. Se pasó agua por el mismo para tener referencias del blanco y luego se pasó jabón, los resultados obtenidos se pueden observar en la Cuadro160 en la sección de resultados.

d. Filtro de arena con carbón activado. Debido a los problemas de la prueba del filtro anterior (discutidos en la sección de análisis de resultados) se decidió utilizar carbón activado y arena como materiales filtrantes. Se utilizó una altura de 20 cm de arena y 6 cm de carbón activado. Los resultados se encuentran en la sección de resultados Cuadro 161 y la discusión de los mismos en la sección de análisis de resultados.

e. Filtro: altura de 15 cm de arena y 1 cm carbón activado. Por la velocidad del filtro anterior, se decidió probar un filtro con una proporción menor de carbón que el filtro anterior. Se hicieron dos prototipos, uno que tenía carbón activado y el otro con carbón vegetal. Los resultados se encuentran en el Cuadro 161 , sección de resultados.

f. Filtro: altura de 15 cm de arena, 1 cm de carbón activado, 1 cm de carbón vegetal. A este prototipo se le agregó una altura de 15cm de arena, después se le agregó carbón activado y finalmente carbón vegetal. Los resultados se detallan en el Cuadro 162 en la sección de resultados.

4. Uso del colorímetro. Para el uso del colorímetro observar las figuras 34 a 39, las cuales fueron extraídas del Manual de laboratorio portátil, marca Hach.

5. Hidráulica de la filtración

a. Dimensionamiento experimental. Para el filtro de arena lento es necesaria una velocidad de filtración comprendida entre los rangos:

$$\frac{0.1\,m^3}{m^2\,h} \leq v_f \leq \frac{0.4m^3}{m^2\,h}$$ Ecuación 52

Por lo que es necesario determinar la altura de agua, para garantizar que la velocidad de filtración esté en el rango ideal. Para determinar la velocidad del filtro a diferentes alturas de lecho y de agua se realizó un prototipo similar al de la Figura 86, pero con una altura de 60 cm.

Figura 86. Prototipo de filtro 2

Fuente: Elaboración propia, 2014

Luego de realizar el prototipo, se ingresó un lecho de arena de 5 cm de alto, y se le agrego 5 cm de agua, luego 10, 15, 20, 25, 30, 35 cm de agua. Se midió (en triplicado) el tiempo en el que filtraba 200 mL de agua (en las mencionadas alturas de agua), de esa forma se obtuvo el caudal, cuyos cálculos se detallan en la sección de Anexos. Conociendo el área del tubo, se determinó la velocidad de filtración. Es importante mencionar que se realizó el mismo procedimiento para los demás lechos de arena (10, 15, 20, 25, 30, 35 cm).

Posteriormente se graficó el lecho de arena (L) vs altura de agua cruda (H) y se realizó una regresión lineal, los resultados se encuentran en Cuadro 164 en la sección de resultados) y se determinó la altura de agua cruda sobrenadante, para una altura de lecho de 5 cm.

Con la cantidad de personas (63), que usarán la pila y los litros gastados para lavar la ropa (0.019 m^3) (Rossel, Ortiz Laurel) se obtuvo el caudal del agua (m/h). Se obtiene por medio de las velocidades teóricas de un filtro el área mínima de éste y el diámetro para una velocidad de 0.2m/h $\approx$ 0.0056cm/s. Es importante mencionar que lo mismo se realizó para un filtro rápido (5m/h). Dichos cálculos se observan en la sección de Anexos.

b. Dimensionamiento teórico. Debido a que se trata de un filtro rápido la velocidad de filtración es 120m/día. Convirtiendo a m/s.

$$120\frac{m}{dia} * 1\frac{dia}{24hora} * \frac{1hora}{3600s} = \frac{120}{86400}\left(\frac{m}{s}\right)$$

Ecuación 53

Luego, con la ecuación de Ergun se obtiene la relación de diferencia de caída de presión y altura de lecho filtrante. (Ver cálculo en anexos).

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150V_o\mu}{\phi_s^2 D_p^2}\frac{(1-\varepsilon)^2}{(\varepsilon)^3} + \frac{1.75\rho V_o^2}{\phi_s D_p^1}\frac{(1-\varepsilon)^1}{(\varepsilon)^3}$$

Ecuación 54

Es importante mencionar que la ecuación de Ergun también se utilizó para un filtro lento, donde:

ε: Porosidad

μ:Viscosidad (kg/m*s)

ϕ_s: Esfericidad

D_P: Diámetro de la partícula (m)

ρ: Densidad (kg/m^3)

6. Selección de materiales filtrantes. Para seleccionar los medios filtrantes éstos tienen que cumplir ciertas características como: densidad relativa, tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad.

a. Densidad relativa. Se determinó la densidad relativa, para ello se pesaron muestras de piedrín, arena y carbón, cada muestra con su masa conocida. Se agregó en una probeta que contenía un volumen conocido de agua, y se observó que subió el volumen del agua, porque se calculó la densidad:

$$\rho = \frac{masa}{Volumen} \qquad \text{Ecuación 55}$$

Luego se calculó la densidad relativa, con relación a la densidad del agua.

$$gravedad\ especifica = \frac{\rho_n}{\rho_{agua}} \qquad \text{Ecuación 56}$$

b. Tamaño efectivo. Se determinó por medio del tamaño de tamiz tal que un 10% del material en peso, es más pequeño que dicho tamaño. En el caso de la arena blanca es de 0.25.

c. Coeficiente de uniformidad. Se determinó por medio del análisis granulométrico, con la relación del tamaño de granos que tiene. Ejemplo de la arena blanca.

$$CU = \frac{d_{60}}{d_{10}} \qquad \text{Ecuación 57}$$

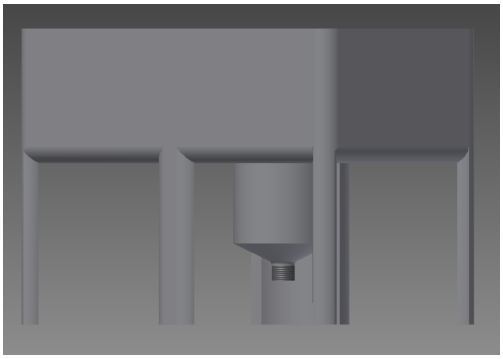
$$CU = \frac{0.595}{0.25} = 2.38$$

7. Diseño de pila. El objetivo fue diseñar una pila que tendría integrado un filtro para agua jabonosa, para ello se diseñaron dos sistemas (pila 1 y pila 2) que se presentan a continuación.

a. Diseño de pila No.1. En la Figura 87 se muestra el primer diseño de la pila y su filtro. Este es de fácil fabricación, ya que sólo cuenta con tres componentes, una pila de una pieza, un filtro y un acople, al mismo tiempo es de un muy bajo costo

.

Figura 87. Primer diseño de pila

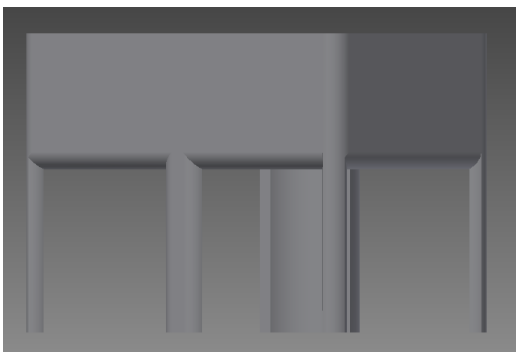


Fuente: Elaboración propia, 2014

1) Pila de una pieza: En las figuras 88 y 89 se muestran diferentes vistas de la pila de una pieza, las medidas exactas se encuentran en la sección de Anexos.

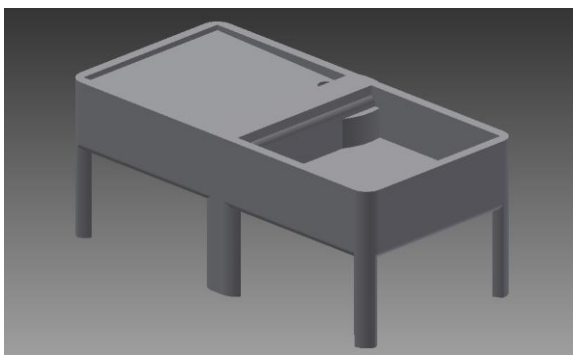
2) Filtro para agua jabonosa: El filtro de agua jabonosa consistía de una cubeta, la cual contenía diferentes materiales de filtración. Éste contiene dos roscas tipo NPT 2 ½ in. El mismo se muestra en la Figura 90.

Figura 88. Pila de una pieza



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 89. Vista de planta del primer diseño de pila



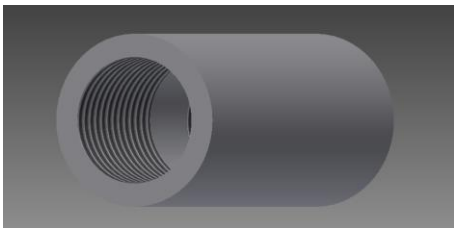
Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 90. Filtro con roscas NPT 2 ½

Fuente: Elaboración propia, 2014

3) Acople. El acople, Figura 91, es un simple acople de plástico PVC, con rosca NPT 2 ½ in.

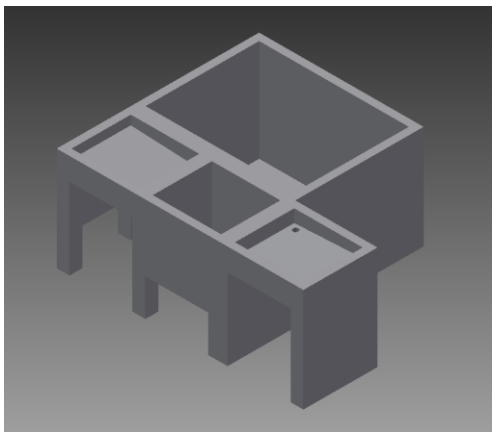
Figura 91. Acople con rosca NPT 2 ½ in



Fuente: Elaboración propia, 2014

b. Diseño de pila No.2. Este diseño mejorado, que se muestra en la Figura 92, consiste en una pila de dos lavaderos, y en la parte posterior un tanque de almacenamiento de agua. El agua será la que pasará a ser filtrada. Los componentes de este diseño son, una pila de una pieza con dos lavaderos y tanque de almacenamiento y un filtro para aguas jabonosas.

Figura 92. Diseño de pila No.2

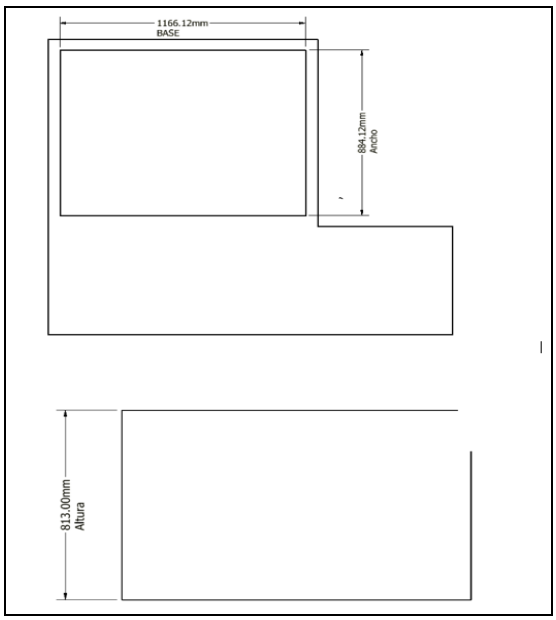


Fuente: Elaboración propia, 2014

1) Pila de una pieza con dos lavaderos y tanque de almacenamiento.

Para el diseño de esta pieza se tuvo que dimensionar el tanque de almacenamiento pues sólo así podría satisfacer las necesidades de los usuarios.

Figura 93. Pre-diseño del tanque de planta de Almacenamiento de agua jabonosa.



Fuente: Elaboración propia, 2014

c. Diseño de pila 4. Esta pila se diseñó para una capacidad de 1.197 m^3, que permite lavar la ropa a 63 personas, pues cada una requiere 0.019 m^3 (Rossel, Ortiz Laurel) al día. La pila lleva adaptado un tanque, para sedimentar las partículas del agua jabonosa. Así también, lleva adaptados dos filtros, cuyas dimensiones se detallan en la sección de resultados.

G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

1. Selección de la ubicación para las duchas
   a. Se establecieron tres criterios para seleccionar la localización de duchas
      1) Localización cercana al río Amatillo
      2) Un punto estratégico para fácil acceso de los usuarios
      3) Terreno disponible de implementar el diseño
   b. Evaluar sitios cercanos al río que cumplan con el criterio

2. Diseño de las duchas
    a. Definir el diseño preliminar de las duchas
    b. Dimensionamiento del diseño preliminar
    c. Selección de tipología del material
        1) Localización cercana al río Amatillo
        2) Un punto estratégico para fácil acceso de los usuarios
        3) Terreno disponible de implementar el diseño
        4) Realizar cotización
        5) Revisión de cotización y planos

3. Selección de bomba para el suministro de agua
    a. Selección de material
        1) Costo económico
        2) Fácil reemplazo de piezas
    b. Dimensionar tubería
    c. Determinar cabeza de succión negativo
    d. Determinar la cabeza de estática de descarga
    e. Determinar la cabeza estática total
    f. Determinar potencia
    g. Seleccionar opciones de bomba manual

4. Análisis de filtro
    a. Material para filtro
        1) Triturar el material(sí se requiere)
        2) Secar el material(si se requiere)
        3) Pesar una muestra de material
        4) Tamizar el material
        5) Pesar cada plato de la tamizadora
        6) Realizar un análisis granulométrico
        7) Calcular el coeficiente de uniformidad (ecuación 13)

    b. Permeabilidad
        1) Colocar el filtro encima de una probeta de 2000mL
        2) Agregar dentro del filtro un lecho de arena con una altura de 5 cm
        3) Verter agua en el filtro y que se mantenga a la altura del lecho de arena
        4) Medir el tiempo que se tarda en llenar cada 200mL. (Realizar en triplicado)
        5) Verter agua en el filtro y que se mantenga a la altura de 10cm
        6) Medir el tiempo que se tarda en llenar cada 200mL. (Realizar en triplicado)
        7) Repetir paso 5 y 6 hasta llegar a una altura de agua de 60cm

8) Agregar arena al filtro hasta llegar a un lecho con 10 cm de altura
9) Repetir paso 3-7
10) Repetir experimento hasta llegar a un lecho de arena con una altura de 30 cm

c. Monitoreo del filtro
   1) Al filtro que se construyó con anterioridad se experimento variando tres diferentes lechos de arena, gravilla, carbón vegetal y carbón activado.
   2) Realizar una solución con un detergente comercial
   3) Medir la concentración con el equipo de monitoreo de agua denominado HACH de SO_4^{-2}, PO_4^{-2} y NO_3^{-1} siguiendo la metodología del HACH ver figuras 207 a 212
   4) Para monitorear el filtro se le vertió una solución con una concentración conocida de detergente.
   5) Al salir la solución del filtro se tomó una muestra de 80mL anotando el tiempo de toma de muestra.
   6) Medir la concentración con el equipo de monitoreo de agua denominado HACH de SO_4^{-2}, PO_4^{-2} y NO_3^{-1} siguiendo la metodología del hach ver figuras 207 a 212.

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

En este módulo se identificaron los puntos de interés para realizar la red de conducción y distribución de agua, se complementó el levantamiento topográfico de las viviendas que serán conectadas a la línea de conducción a proponer y se diseñó la tubería para cumplir los parámetros de diseño necesarios. El procedimiento para estas tareas fue el siguiente:

1. Identificación de los puntos de interés para el diseño de la red hidráulica
   a. Contacto con las autoridades de la comunidad y planificación de visita.
   b. Visita de reconocimiento del área.
   c. Ubicación de las coordenadas geográficas del nacimiento donde se captará el agua y de las quebradas del río Amatillo, por medio de un dispositivo receptor GPS.
   d. Ubicación de las coordenadas geográficas de las viviendas que se van a considerar en el diseño para el abastecimiento de agua, por medio de un dispositivo receptor GPS.

e. Diseño de los mapas de ubicación de los puntos de interés por medio de las herramientas del programa de Sistema de Información Geográfica “Quantum Gis 2.0” y los archivos de bases catastrales de Guatemala.

2. Medición topográfica del terreno donde se planea realizar la instalación de la red hidráulica.
   a. Contacto con las autoridades de la comunidad y planificación de visita.
   b. Levantamiento topográfico del terreno donde se ubicará la red hidráulica, por medio de una Estación Total.
   c. Generación del mapa de curvas de nivel del área, por medio del programa “Civil 3D”
   d. Diseño de los alineamientos y los perfiles de las líneas de conducción y distribución.

3. Diseño preliminar de la red hidráulica
   a. Contacto con las autoridades de la comunidad y planificación de visita.
   b. Medición del caudal del nacimiento de donde se captará el agua para la red hidráulica en 2 ocasiones: época seca y época lluviosa.
   c. Determinación de los valores de diseño de las tuberías en base a la topografía, necesidades de consumo por parte de la comunidad y capacidad de abastecimiento de la fuente de agua captada.
   d. Cuantificación de los materiales para la obra.
   e. Elaboración de presupuesto con base en la cuantificación y precios de los materiales.

4. Análisis de las condiciones hidrológicas del área de influencia del caserío de Cumbre San Agustín. Con los datos de la base catastral de Guatemala, y de la información obtenida del levantamiento topográfico, y de la ubicación geográfica de los puntos de interés de la comunidad San Agustín, se procee al análisis de la influencia de las variables: cobertura forestal, pendientes de las montañas, densidad poblacional, distancia de los puntos de interés hacia cuerpos de agua.

I. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DEL AGUA Y DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

1. Metodología por objetivo

a. Objetivo 1. Recabar información sobre la organización de la población, las prácticas de salud, la organización familiar del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal para que el programa educativo responda a sus necesidades, intereses y problemas.

Este objetivo responde a la fase de análisis del modelo de diseño instruccional ADDIE, el cual fue usado como marco del diseño de la propuesta educativa. Para ello se hizo una visita de reconocimiento y recabado de información, correspondiente a una evaluación diagnóstica; para cuyo efecto se emplearon entrevistas estructuradas a los pobladores (uno por casa en la comunidad), y entrevistas semi-estructuradas y no estructuradas al alcalde auxiliar de la comunidad y a un representante de Plan Internacional que ha trabajado proyectos de desarrollo comunitario en el caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

Además, por ser una propuesta de programa educativo contextualizada, demanda incluir a todos los posibles niveles del problema y aliados potenciales. En virtud de ello, se visitó la Municipalidad de Morales, Izabal, en donde se obtuvo una entrevista con el personal y con el Encargado de Proyectos de Agua. De igual manera se contó con su apoyo durante la visita de recabación de datos.

b. Objetivo 2. Planificar una propuesta de talleres con metodología ecléctica de educación social y comunitaria sobre temas de higiene, prácticas sanitarias, buen manejo del agua y sostenibilidad del sistema de filtros.

Para responder a este objetivo se realizó una investigación documental y bibliográfica sobre metodología para programas de educación ambiental, manejo del agua, educación en salud y educación a adultos. Además, se entrevistó a expertos en materia de educación a comunidades rurales (Dra. Ruth Del Valle, experta en derechos humanos y Marisol De León, directora de educación de Ecofiltro). Con la información recabada se diseñó una propuesta para un programa de educación comunitario, con base en una metodología ecléctica.

c. Objetivo 3. Diseñar directrices para la elaboración de material didáctico adaptado al contexto y a las necesidades de la comunidad, para utilizarlo en los procesos de enseñanza aprendizaje y como referencia a la comunidad.

Luego de una investigación documental y bibliográfica, así como de una entrevista con Marisol de León, Directora de educación de Ecofiltro, se tomaron las premisas básicas para diseñar directrices propuestas para la elaboración de material didáctico que facilite el proceso de enseñanza aprendizaje de la comunidad en cuestión.

d. Objetivo 4. Proponer recursos didácticos para evaluar aprendizajes en las las prácticas sanitarias, de higiene, de salud y de manejo adecuado del agua destinada al consumo humano, así como del uso del sistema de purificación de agua y de captación de agua de lluvia.

Como fase de la evaluación formativa del modelo de diseño instruccional ADDIE, y de acuerdo con la metodología ecléctica empleada, se propusieron herramientas de evaluación y monitoreo del programa de educación comunitaria, especialmente basadas en la Guía de Implementación de la Estrategia Global de Comunicación para el Cambio Social y de Comportamiento (CCSyC) en el Altiplano de Guatemala.

2. Etapas de la investigación. Durante la fase de Taller de Megaproyecto 1, el proceso investigativo consistió en entrevistas a expertos en el área de educación y proyectos comunitarios, para obtener información de sus experiencias y conocimientos en la materia. Durante el primer ciclo 2014, correspondiente al Taller de Megaproyecto 2, el equipo se entrevistó con representantes de ONGs y organismos municipales para obtener información sobre los posibles lugares de aplicación del Megaproyecto.

Una vez seleccionado el lugar de aplicación, la investigación de campo consistió en una visita exploratoria, la cual incluyó entrevistas al personal de la Municipalidad de Morales, líderes municipales, un representante de Plan Internacional que ha trabajado proyectos similares con la comunidad, Alcalde Auxiliar del Caserío Cumbre de San Agustín. Así como encuestas a los pobladores y observaciones a las viviendas y condiciones de vida de la comunidad.

Adicional a ello y para este Módulo, se procedió a la investigación bibliográfica del marco legal, proyectos similares y metodología de proyectos educativos en salud y ambiente, andragogía y educación comunitaria que respondiera a las necesidades de la población meta. Se realizó una visita a las instalaciones de Ecofiltro, destacando para efectos de esta propuesta, la entrevista con la Directora de Educación de dicha organización, así como la revisión de material didáctico empleado exitosamente por ellos.

La metodología utilizada para el programa de educación está basada en un enfoque de cambio de conducta, que tiene como objetivo final e indicador de logro modificar comportamientos poco saludables, en cuanto al manejo de agua destinado al consumo humano en los pobladores, del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

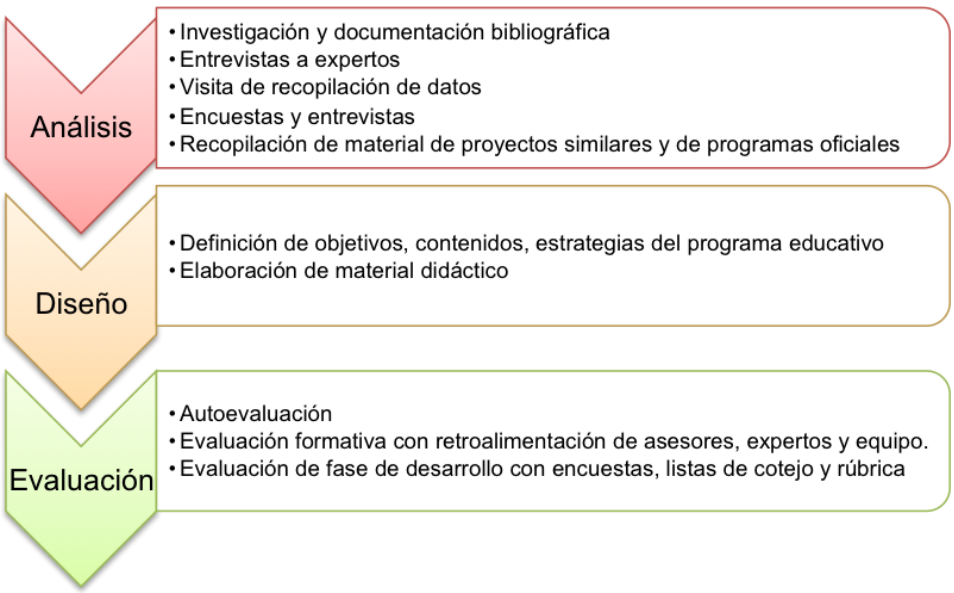
3. Alcances y limitaciones. Para el presente Módulo de la propuesta del Programa de educación del Megaproyecto se pretende cubrir las fases del modelo de diseño instruccional ADDIE, correspondientes al análisis, diseño y evaluación formativa. Dado que el

Megaproyecto tendrá una continuación posterior a este Módulo, durante esta se trabajarán las fases de desarrollo, implementación y evaluación sumativa.

Dada la naturaleza de la metodología empleada (PHAST, SARAR, CCSyC), la presente propuesta para un programa de educación es sujeta al contexto de la comunidad Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal en Guatemala, puesto que responde a las necesidades y características de dicha comunidad. Dicha población se caracteriza por un extracto socioeconómico que oscila entre la pobreza y pobreza extrema, ladina, cuyo idioma materno es el español y con una población adulta analfabeta. Sin embargo, la propuesta es adaptable a otras comunidades de características similares, considerándose que deberá incluir modificaciones como por ejemplo, el uso de intérpretes en poblaciones mayas que no hablen español, o la inclusión de recursos audiovisuales electrónicos en poblaciones que cuenten con acceso a electricidad.

4. Pasos y validación. Para la construcción y orientación de la propuesta, se contó con juicios de expertos en la materia, como la Licenciada Cristina Ruiz, docente de la Universidad Del Valle de Guatemala y experta en andragogía, así como de la Encargada del Programa Educativo de ECOFILTRO, Marisol De León.

Figura 94. Pasos ADDIE y validación de la propuesta.



Fuente: Elaboración propia

5. Método combinado. El diseño de la presente propuesta de un programa educativo se fundamente en una metodología ecléctica. Dicha metodología toma como marco de referencia para su construcción, el modelo de diseño instruccional ADDIE, en sus fases de análisis, diseño y evaluación formativa.

El sustento teórico y metodológico de los principios, objetivos, y pasos del proceso enseñanza-aprendizaje está basado en una fusión de algunos de los métodos de proyectos de educación ambiental y de salud que son usados con mayor éxito por instituciones como la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial y las Naciones Unidas para promover el desarrollo personal y comunitario, producir cambios en la raíz del problema, así como para incorporar elementos que garanticen la sostenibilidad. Estos métodos están clasificados dentro de los modelos de cambio de conducta, incluyendo los métodos participativos SARAR y PHAST, así como la Estrategia para el cambio social y del comportamiento (CCSyC), de naturaleza socio-ecológica.

Además, la estructura del diseño de la propuesta se basó en la planificación de programas de educación ambiental del Centro para el Desarrollo Internacional y Medio Ambiente del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Servicio de pesca y vida silvestre de los Estados Unidos (FWS).

6. Principios

a. Todas las personas desean mejorar sus condiciones de vida a modo de garantizar el bienestar personal y el de su familia.
b. Cuando las personas comprenden los beneficios de mejores sistemas de saneamiento y prácticas de salud, accionarán el cambio.
c. Un aprendizaje sostenible se da mejor en un ambiente grupal que promueva el cambio de comportamiento social.
d. Ni el alfabetismo, la educación formal, ni el conocimiento previo de prácticas adecuadas de higiene y salud son indispensables para la toma de decisiones efectivas.
e. La sostenibilidad parte de que la persona pueda tomar sus propias decisiones e invertir sus propios recursos y materiales, pues garantiza su compromiso a cumplir lo propuesto y cuidar lo obtenido.
f. Los miembros de la comunidad son los expertos en materia de su comunidad, y son capaces de identificar los problemas actuales y las posibles soluciones futuras.
g. Ni las conductas higiénicas mejoradas, ni los sistemas e instalaciones de saneamiento mejorados son por sí mismos una garantía de impacto positivo, por lo que en la medida de lo posible, se necesita la interacción de ambas.
h. Las experiencias y conocimientos previos de los adultos en la comunidad son recursos didácticos que un buen programa de educación comunitaria no debe pasar por alto, sino construir a través de ellos.
i. Para que un programa educativo tenga éxito, debe partir de un análisis de contexto de la comunidad meta, procurando que sea adecuado al mismo y no impuesto por nociones o cánones de otra cultura o contexto.

j. Para fomentar un cambio es necesario conocer los factores en los distintos niveles de la persona y su entorno, que puedan influir en el problema o situación a cambiar.
k. El material didáctico, recursos didácticos, así como los sistemas de saneamiento deben ser culturalmente apropiados (de acuerdo con lo que la comunidad cree o conoce), para que obtengan mayor aceptabilidad, comprensión e implementación por parte de las comunidades.
l. Un programa de educación comunitaria, debe tomar en cuenta a las distintas audiencias, e incluir tanto a adultos (mujeres y hombres) como niños.

VII. RESULTADOS

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA

1. Muestreos realizados. Para una mejor descripción, los muestreos efectuados durante el trabajo de campo, se desglosan en el Cuadro 52

Cuadro 52. Información acerca de los muestreos realizados durante el trabajo de campo en el Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

No. Muestreo	Fecha de Muestreo	Época del año
1	6 de abril de 2014	Seca
2	4 de mayo de 2014	Seca
3	9 de junio de 2014	Lluviosa
4	16 septiembre de 2014	Lluviosa

Fuente: Elaboración propia

2. Resultados de análisis físicos del agua. El Cuadro 53 muestra los resultados obtenidos de todos los parámetros físicos, analizados en las muestras de agua, durante los cuatro muestreos realizados.

El Cuadro 54, ilustra el análisis estadístico de las características físicas de las muestras de agua.

Las figuras 95 a 99 presentan los resultados obtenidos en la comparación de los valores de turbidez, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de Oxígeno y de los valores de sólidos totales, en las cuatro fuentes de agua.

Cuadro 53. Resultados de todos los parámetros físicos analizados en las muestras de agua durante los cuatro muestreos realizados.

Fecha de muestreo	Lugar	pH	Turbidez	Conductividad eléctrica µs/cm	Olor (Rechazable)	DBO 10mL de muestra (mg/L)	DBO 20mL de muestra (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)
06/04/14	Quebrada1	7.45	0.010	74.60	No	47.40	19.49	2630
06/04/14	Quebrada2	7.52	0.009	85.10	No	46.20	22.05	3480
06/04/14	Nacimiento1	5.77	0.003	47.30	No	50.71	22.35	920
06/04/14	Nacimiento2	6.83	0.001	56.30	No	50.71	24.00	2090
04/05/14	Quebrada1	7.53	0.001	67.70	No	22.12	12.39	410
04/05/14	Quebrada2	7.47	0.022	120.10	No	26.37	11.34	255
04/05/14	Nacimiento1	6	0.021	55.70	No	25.76	13.13	65
04/05/14	Nacimiento2	6.47	0.003	61.60	No	51.15	24.12	2595
09/06/14	Quebrada1	7.51	0.021	105.00	No	47.88	23.88	5195
09/06/14	Quebrada2	7.51	0.023	128.50	No	29.70	27.61	7655
09/06/14	Nacimiento1	5.9	0.043	59.40	No	24.85	29.40	6995
09/06/14	Nacimiento2	6.62	0.020	78.60	No	53.64	24.78	225
16/09/14	Quebrada1	7.93	0.020	98.80	No	37.88	21.79	2860
16/09/14	Quebrada2	6.64	0.395	116.50	No	86.67	41.79	9910
16/09/14	Nacimiento1	5.67	0.010	157.00	No	41.52	14.63	4925
16/09/14	Nacimiento2	6.19	0.004	179.00	No	63.94	24.48	9185

Fuente: Elaboración propia

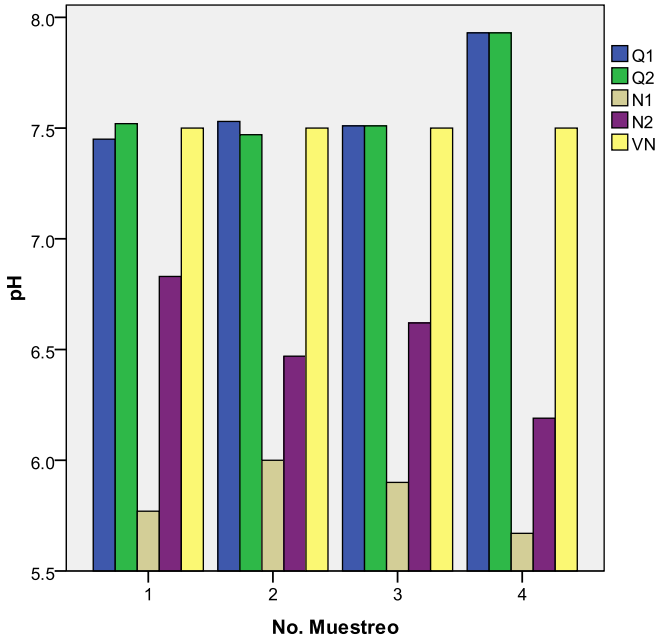
Cuadro 54. Análisis estadístico de las características físicas de las muestras de agua.

Lugar	Parámetro	Media	Desviación Estándar	Varianza
Quebrada1	pH	7.605	0.219	0.048
Quebrada2	pH	7.608	0.216	0.047
Nacimiento1	pH	5.845	0.145	0.021
Nacimiento2	pH	6.528	0.269	0.072
Quebrada1	Turbidez	0.013	0.009	0.000
Quebrada2	Turbidez	0.113	0.190	0.036
Nacimiento1	Turbidez	0.019	0.017	0.00001
Nacimiento2	Turbidez	0.007	0.009	0.00003
Quebrada1	Conductividad eléctrica	86.525 µs/cm	18.153	329.529
Quebrada2	Conductividad eléctrica	112.550 µs/cm	18.978	360.170
Nacimiento1	Conductividad eléctrica	97.125 µs/cm	51.681	2671.017
Nacimiento2	Conductividad eléctrica	93.875 µs/cm	57.542	3311.049
Quebrada1	DBO	38.820 mg/L	12.048	145.158
Quebrada2	DBO	47.235 mg/L	27.683	766.338
Nacimiento1	DBO	35.710 mg/L	12.592	158.566
Nacimiento2	DBO	54.860 mg/L	6.190	38.307
Quebrada1	Sólidos totales	2773.74 mg/L	1956.005	$3.826*10^{6}$
Quebrada2	Sólidos totals	5415.00 mg/L	4255.540	$1.811*10^{7}$
Nacimiento1	Sólidos totales	3226.25 mg/L	3286.412	$1.080*10^{7}$
Nacimiento2	Sólidos totales	3523.75 mg/L	3909.378	$1.528*10^{7}$

Fuente: Elaboración propia.

*****Se determinó la media, desviación estándar y varianza para cada parámetro evaluado y por cada lugar de muestreo.

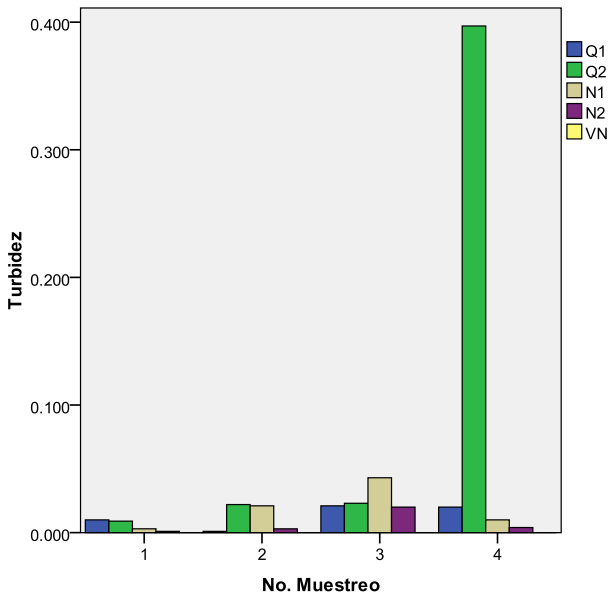
Figura 95. Comparación de los valores de pH en las cuatro fuentes de agua



Fuente: Elaboración propia

*****Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). En esta gráfica se puede observar que el agua de los nacimientos no cumple con este parámetro.

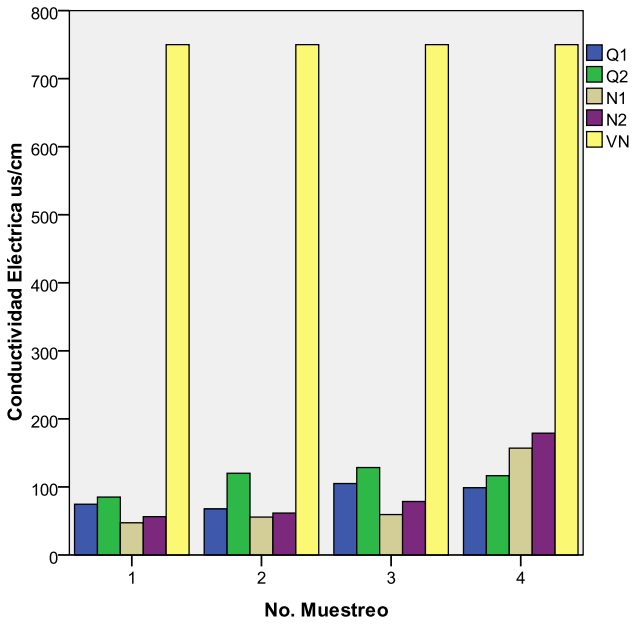
Figura 96. Coparacion de los valores de turbidez en las cuatro fuentes de agua



Fuente Elaboración: propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Se determinó que el agua de las 4 fuentes es cristalina, pero esto no significa que el agua sea apta para consumo humano.

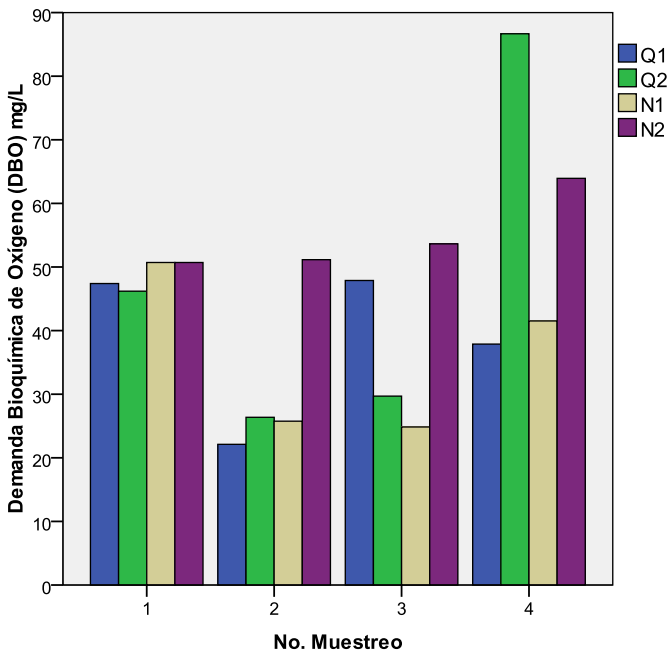
Figura 97.Comparación de los valores de conductividad eléctrica en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Las cuatro fuentes en base a este parámetro cumplen con los valores establecidos por la norma COGUANOR.

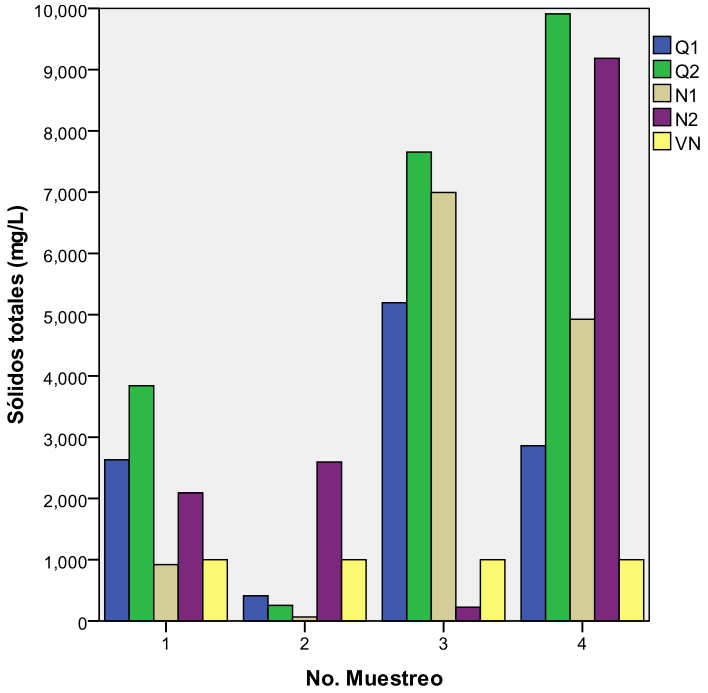
Figura 98. Comparación de los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Las cuatro fuentes en base a este parámetro cumplen con los valores establecidos por la norma COGUANOR.

Figura 99. Comparación de los valores de sólidos totales en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Las cuatro fuentes con base en este parámetro cumplen con los valores establecidos por la norma COGUANOR.

3. Resultados de análisis microbiológicos en agua. Los resultados microbiológicos en agua pueden observarse en los cuadros 55 y 56, así como en las figuras 100 y101.

Cuadro 55. *E. coli* determinada en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™

Fecha de Muestreo	Quebrada 1 UFC/mL	Quebrada 2 UFC/mL	Nacimiento 1 UFC/mL	Nacimiento 2 UFC/mL
06/04/2014	<10	<10	250	25
04/05/2014	250	250	250	25
09/06/2014	<10	250	36	250
16/09/2014	250	$2*10^3$	<10	250

Fuente: Clark y Sigüenza, 2013

*Se reportan los resultados con base al manual de microbiología de la Universidad del Valle de Guatemala

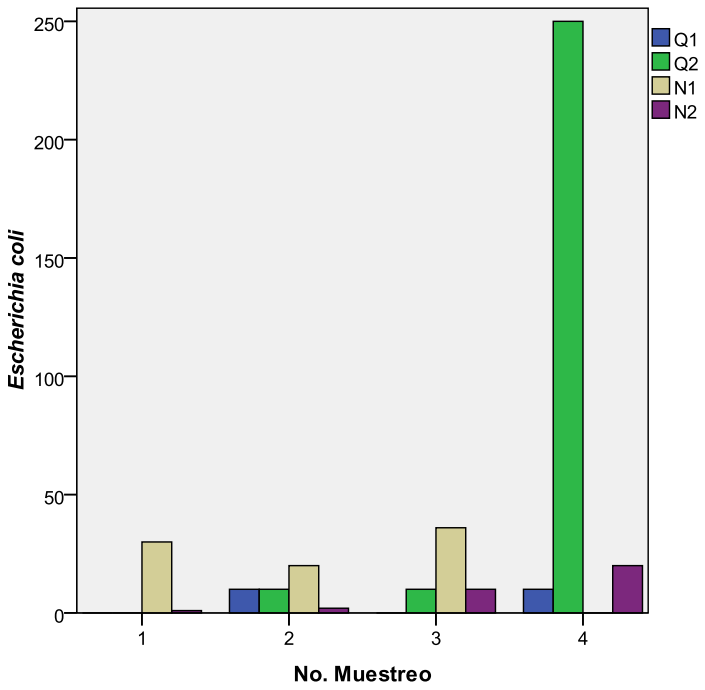
Cuadro 56. Coliformes determinadas en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™

Fecha de Muestreo	Quebrada 1 UFC/mL	Quebrada 2 UFC/mL	Nacimiento 1 UFC/mL	Nacimiento 2 UFC/mL
06/04/2014	25	<10	250	250
04/05/2014	$7*10^3$	$4*10^2$	$9*10^3$	25
09/06/2014	$1*10^2$	$2*10^3$	$2*10^3$	250
16/09/2014	$2*10^3$	$6*10^3$	25	$8*10^2$

Fuente: Clark y Sigüenza, 2013

*Se reportan los resultados con base al manual de microbiología de la Universidad del Valle de Guatemala

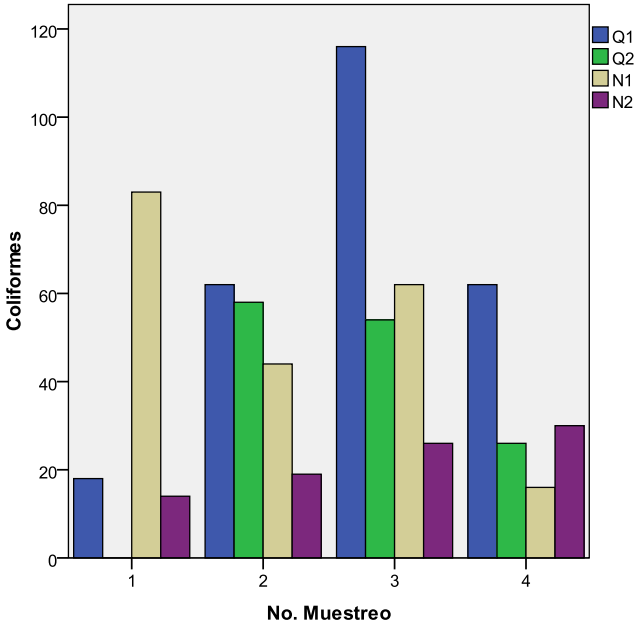
Figura 100. Comparación de la cantidad de colonias de *E. coli* determinadas en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2). En todas las fuentes de agua se determinó la presencia de *E. coli,* lo cual indica la contaminación del agua de estas fuentes.

Figura 101. Comparación de la cantidad de colonias de Coliformes determinadas en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*****Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2). Esta gráfica indica otro resultado preocupante, ya que en todas las fuentes se determinó la presencia de coliformes.

4. Resultados de análisis químico en agua y suelo. Para una mejor descripción, los resultados del análisis químico en agua y suelo se desglosan en los cuadros 57 a 59, así como las ilustraciones 102 a 109 que pueden observarse a continuación.

Finalmente en el Cuadro 60 se presenta la comparación de las medias de los parámetro físicos, microbiológicos y químicos evaluados en las muestras de agua según la época del año en que se muestreó (época seca y época lluviosa). Y en el Cuadro 61 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los análisis de las fuentes de agua, del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal con el fin de observar de forma general los resultados descritos en los cuadros e ilustraciones anteriores.

Cuadro 57. Concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio en las muestras de agua y de suelo durante los cuatro muestreos realizados.

Fecha de muestreo	Lugar	Nitratos en Agua (mg/L)	Nitritos en Agua (mg/L)	Fosfatos en Agua (mg/L)	Potasio en Agua (mg/L)	Nitratos en Suelo (mg/L)	Nitritos en Suelo (mg/L)	Fosfatos en Suelo (mg/L)	Potasio en Suelo (mg/L)
06/04/14	Quebrada 1	0.30	0.008	0.31	0.328	50.0	0.001	1.42	0.714
06/04/14	Quebrada 2	0.40	0.001	0.07	0.154	13.0	0.028	1.84	0.231
06/04/14	Nacimiento1	2.00	0.001	0.48	0.149	10.0	0.120	12.00	0.061
06/04/14	Nacimiento2	1.20	0.002	0.86	0.168	21.4	0.073	15.00	0.489
04/05/14	Quebrada 1	1.10	0.002	0.14	2.343	2400.0	0.400	296.00	1.648
04/05/14	Quebrada 2	1.30	0.003	0.16	0.413	9.6	0.007	15.00	2.196
04/05/14	Nacimiento1	1.90	0.006	0.17	0.269	190.0	0.900	11.00	3.766
04/05/14	Nacimiento2	2.00	0.008	0.19	0.243	200.0	0.980	20.00	3.965
09/06/14	Quebrada 1	0.90	0.003	0.39	0.481	60.0	0.500	52.00	2.443
09/06/14	Quebrada 2	1.60	0.006	1.48	0.228	10.0	0.100	36.00	3.076
09/06/14	Nacimiento1	18.00	0.008	1.00	0.236	34.0	0.400	5.00	0.771
09/06/14	Nacimiento2	20.00	0.004	8.70	0.157	180.0	0.300	250.00	0.721
16/09/14	Quebrada 1	0.40	0.018	0.53	0.293	170.0	3.900	153.00	2.600
16/09/14	Quebrada 2	0.60	0.019	1.29	2.645	110.0	1.900	400.00	2.511
16/09/14	Nacimiento1	3.70	0.026	3.50	2.554	80.0	1.300	490.00	2.558
16/09/14	Nacimiento2	2.00	0.033	9.10	3.183	120.0	1.800	2630.00	3.203

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 58. Análisis estadístico de las características químicas de muestras de agua y suelo.

Lugar	Parámetro	Media	Desviación Estándar	Varianza
Quebrada 1	Nitra1	0.675	0.386	0.149
Quebrada 2	Nitra1	0.975	0.568	0.323
Nacimiento 1	Nitra1	6.400	7.777	60.487
Nacimiento 2	Nitra1	6.300	9.141	83.560
Quebrada 1	Nitra2	130.000	91.287	8333.33
Quebrada 2	Nitra2	35.650	49.589	2459.157
Nacimiento1	Nitra2	78.500	79.806	6369.00
Nacimiento 2	Nitra2	130.350	80.195	6431.157
Quebrada 1	Nitri1	0.008	0.007	0.00005
Quebrada 2	Nitri1	0.007	0.009	0.00002
Nacimiento 1	Nitri1	0.010	0.010	0.00004
Nacimiento 2	Nitri1	0.012	0.014	0.00006
Quebrada 1	Nitri2	1.200	1.813	3.286
Quebrada 2	Nitri2	0.509	0.928	0.862
Nacimiento 1	Nitri2	0.680	0.524	0.275
Nacimiento 2	Nitri2	0.788	0.777	0.603
Quebrada 1	Fosfo1	0.343	0.163	0.026
Quebrada 2	Fosfo1	0.750	0.738	0.545
Nacimiento 1	Fosfo1	1.288	1.514	0.026
Nacimiento 2	Fosfo1	4.713	4.846	23.482

Fuente: Elaboración propia

Continuación cuadro 58. Análisis estadístico de las características químicas de muestras de agua y suelo

Lugar	Parámetro	Media	Desviación Estándar	Varianza
Quebrada 1	Fosfo2	125.605	129.903	16874.851
Quebrada 2	Fosfo2	113.210	191.710	36752.790
Nacimiento1	Fosfo2	79.500	140.367	19703.00
Nacimiento2	Fosfo2	228.750	289.090	83572.917
Quebrada 1	Potas1	0.861	0.991	0.982
Quebrada 2	Potas1	0.860	1.195	1.428
Nacimiento1	Potas1	0.802	1.169	1.367
Nacimiento2	Potas1	0.938	1.497	2.242
Quebrada 1	Potas2	1.851	0.865	0.748
Quebrada 2	Potas2	2.003	1.236	1.529
Nacimiento1	Potas2	1.789	1.685	2.841
Nacimiento2	Potas2	2.094	1.750	3.064

Fuente: Elaboración propia

*Se determinó la media, desviación estándar y varianza para cada parámetro evaluado y por cada lugar de muestreo. En los parámetros se identifica a Nitra para nitratos, Nitri para nitritos, Fosfo para fósforo y Potas para potasio; el número 1 que acompaña la abreviatura corresponde al análisis en agua y el número 2 al análisis en suelo.

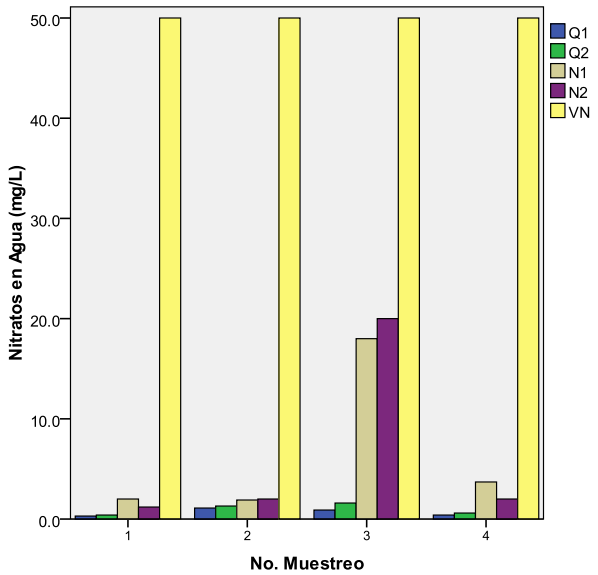
Cuadro 59. Coeficiente de Correlación entre la concentración de Nitratos, Nitritos, Fosfatos y Potasio del Agua y del Suelo.

Parámetro	Coeficiente de Correlación
Nitratos	-0.0881
Nitritos	0.6871
Fosfatos	0.7356
Potasio	0.3130

Fuente: Elaboración propia

*Se esperaba un valor mayor a 0.8 y menor a 1, para determinar que sí existe correlación entre los parámetros químicos del suelo y del agua.

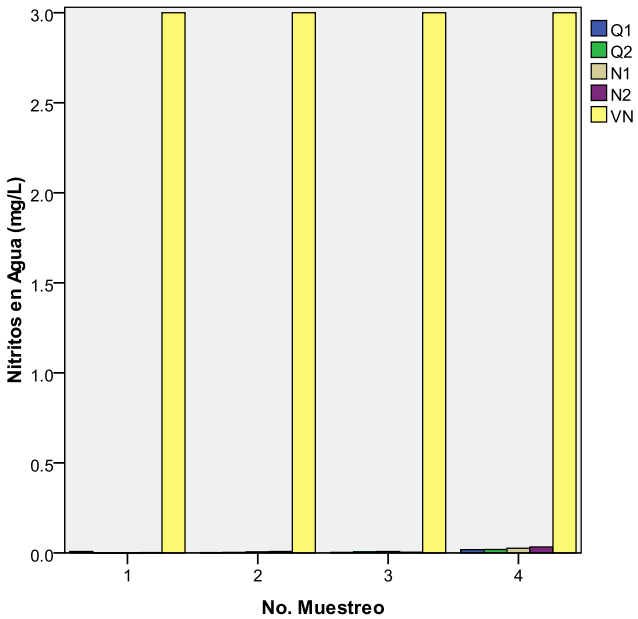
Figura 102. Comparación de la concentración de nitratos determinados en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Todas las fuentes de agua cumplen con este parámetro para calidad de agua, sin embargo, en la época lluviosa se puede observar un aumento en la concentración de nitratos.

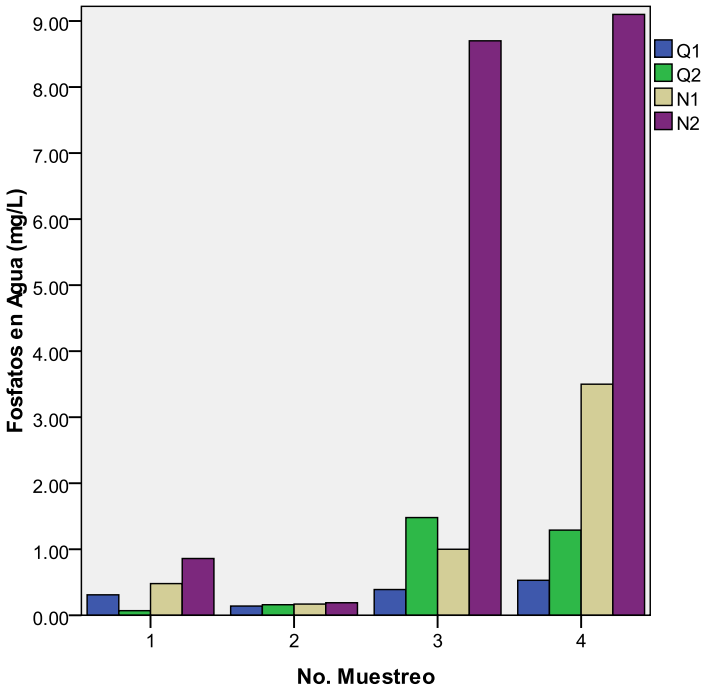
Figura 103. Comparación de la concentración de nitritos determinados en las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1), nacimiento 2 (N2) y valor normal (VN). Todas las fuentes cumplen con este parámetro y las concentraciones son muy bajas.

Figura 104. Comparación de la concentración de fosfatos determinados en las cuatro fuentes de agua.

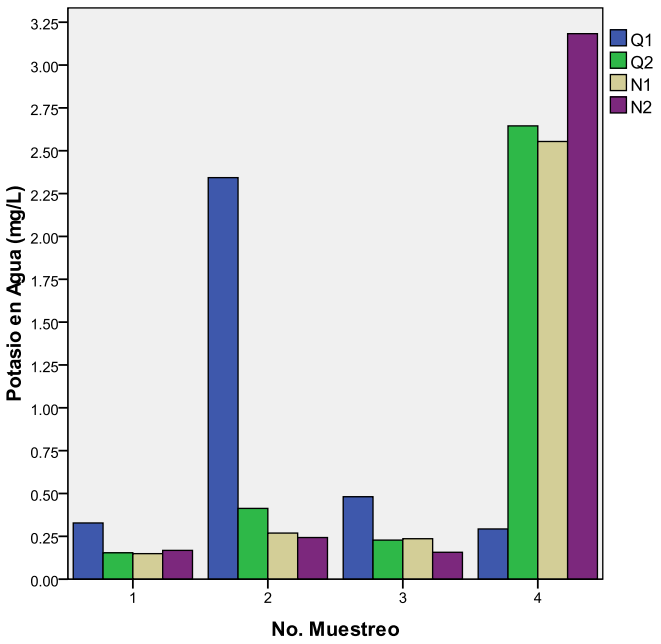


Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2).

*Se puede observar que en la época lluviosa la concentración de fosfatos aumenta.

Figura 105. Comparación de la concentración de potasio determinado en las cuatro fuentes de agua.

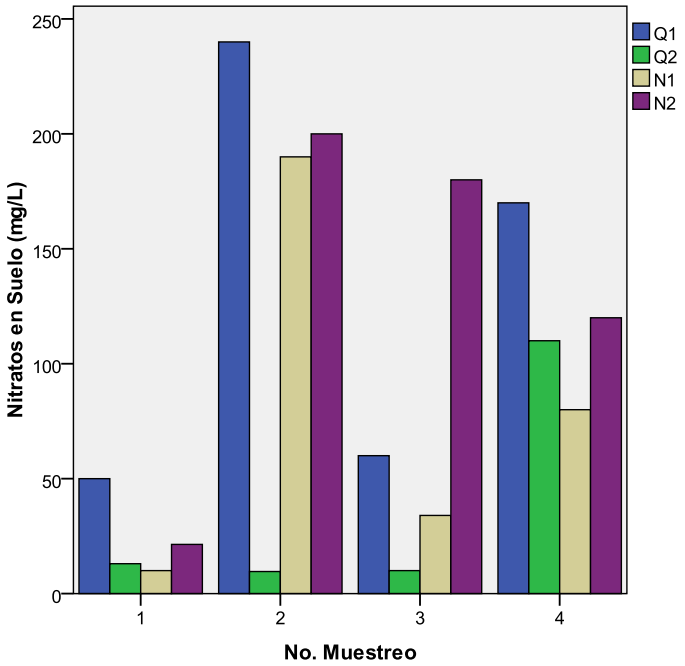


Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2).

*Se puede observar que en época lluviosa aumenta la concentración de potasio.

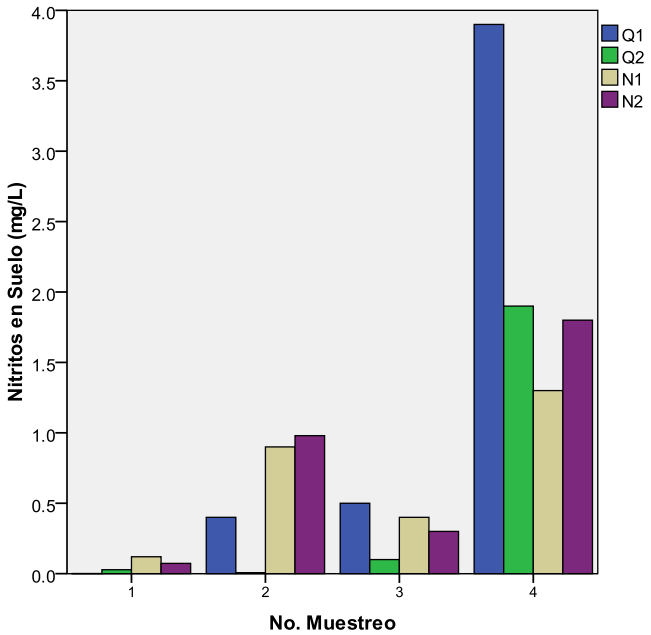
Figura 106. Comparación de la concentración de nitratos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2). Estos datos mostraron mucha variabilidad, pero puede atribuirse a la cantidad de nitratos que contiene el suelo.

Figura 107. Comparación de la concentración de nitritos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua.

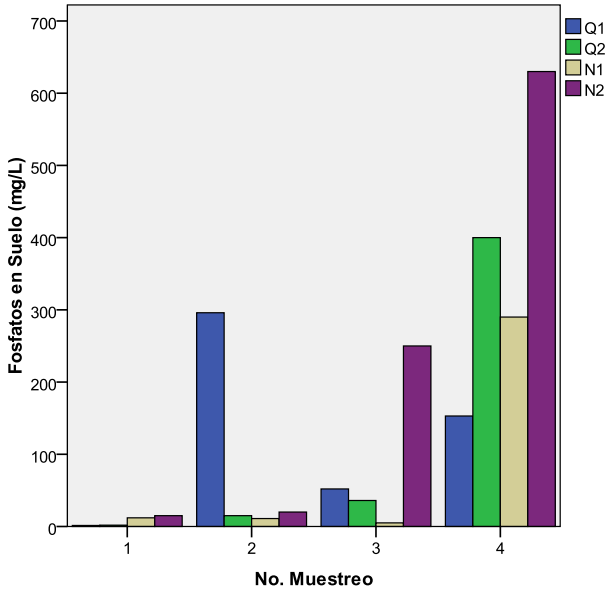


Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2).

*Se observa que en época lluviosa aumenta la concentración de nitritos en el suelo.

Figura 108. Comparación de la concentración de fosfatos determinados en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua.

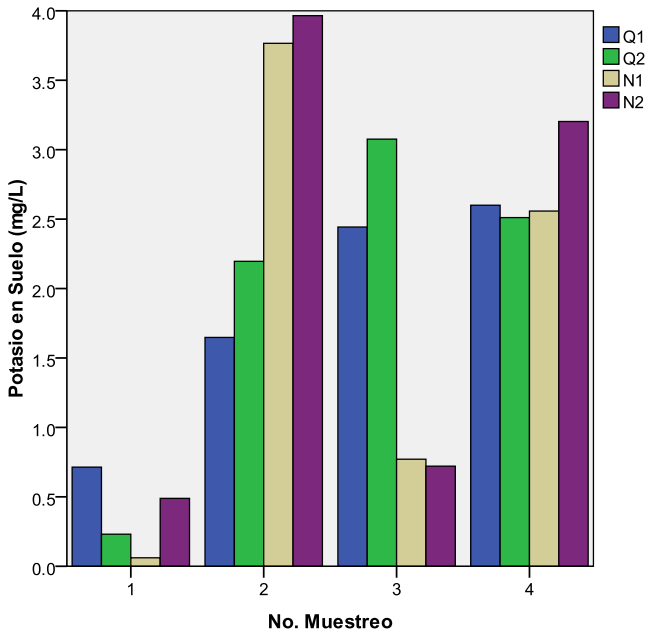


Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2).

*Se observa en esta gráfica que en época lluviosa aumenta la concentración de fosfatos.

Figura 109. Comparación de la concentración de potasio determinado en el suelo cercano a las cuatro fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

*Siendo quebrada 1 (Q1), quebrada 2 (Q2), nacimiento 1 (N1) y nacimiento 2 (N2).

*En esta gráfica se observa gran variabilidad en la cantidad de potasio.

Cuadro 60. Comparación de las medias de los parámetro físicos, microbiológicos y químicos evaluados en las muestras de agua según la época del año en que se muestreó (época seca y época lluviosa).

Lugar	Parámetro	Época seca	Época lluviosa
Quebrada 1	pH	7.49	7.72
Quebrada 2	pH	7.50	7.08
Nacimiento1	pH	5.89	5.79
Nacimiento2	pH	6.65	6.41
Quebrada 1	Turbidez	0.006	0.021
Quebrada 2	Turbidez	0.016	7.075
Nacimiento1	Turbidez	0.012	5.785
Nacimiento2	Turbidez	0.002	0.012
Quebrada 1	Conductividad eléctrica	71.2 µs/cm	101.9 µs/cm
Quebrada 2	Conductividad eléctrica	102.6 µs/cm	122.5 µs/cm
Nacimiento1	Conductividad eléctrica	51.5 µs/cm	108.2 µs/cm
Nacimiento2	Conductividad eléctrica	58.9 µs/cm	128.8 µs/cm
Quebrada 1	DBO	34.76 mg/L	42.88 mg/L
Quebrada 2	DBO	36.29 mg/L	58.19 mg/L
Nacimiento1	DBO	38.24 mg/L	33.19 mg/L
Nacimiento2	DBO	50.93 mg/L	58.79 mg/L
Quebrada 1	Sólidos Totales	1520 mg/L	5258 mg/L
Quebrada 2	Sólidos Totales	2048 mg/L	8783 mg/L
Nacimiento1	Sólidos Totales	493 mg/L	5960 mg/L
Nacimiento2	Sólidos Totales	2343 mg/L	4705 mg/L
Quebrada 1	*E. coli*	5 UFC/mL	5 UFC/mL
Quebrada 2	*E. coli*	5 UFC/mL	130 UFC/mL
Nacimiento1	*E. coli*	25 UFC/mL	20 UFC/mL
Nacimiento2	*E. coli*	2 UFC/mL	15 UFC/mL
Quebrada 1	Coliformes	40 UFC/mL	89 UFC/mL
Quebrada 2	Coliformes	29 UFC/mL	40 UFC/mL
Nacimiento1	Coliformes	64 UFC/mL	39 UFC/mL
Nacimiento2	Coliformes	17 UFC/mL	28 UFC/mL
Quebrada 1	Nitratos	0.70 mg/L	0.65 mg/L
Quebrada 2	Nitratos	0.85 mg/L	1.10 mg/L
Nacimiento1	Nitratos	1.95 mg/L	10.85 mg/L
Nacimiento2	Nitratos	1.60 mg/L	11.00 mg/L
Quebrada 1	Nitritos	0.005 mg/L	0.011 mg/L
Quebrada 2	Nitritos	0.002 mg/L	0.013 mg/L
Nacimiento1	Nitritos	0.004 mg/L	0.017 mg/L
Nacimiento2	Nitritos	0.005 mg/L	11.000 mg/L
Quebrada 1	Fosfatos	0.225 mg/L	0.460 mg/L
Quebrada 2	Fosfatos	0.115 mg/L	1.385 mg/L
Nacimiento1	Fosfatos	0.325 mg/L	2.250 mg/L
Nacimiento2	Fosfatos	0.525 mg/L	8.900 mg/L
Quebrada 1	Potasio	1.336 mg/L	0.387 mg/L
Quebrada 2	Potasio	0.284 mg/L	1.437 mg/L
Nacimiento1	Potasio	0.209 mg/L	1.395 mg/L
Nacimiento2	Potasio	0.206 mg/L	1.670 mg/L

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 61. Resumen de los resultados obtenidos en los análisis de las fuentes de agua del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal con el fin de observar de forma general los resultados descritos anteriormente.

Fecha de muestreo	Lugar	pH	Tur*	CE* µs/cm	Olor A/N*	DBO* mg/L	SD* mg/L	*E. coli UFC/ml*	Coli* *UFC/ml*	Nitra* mg/L	Nitri* mg/L	Fosf* mg/L	Pot* mg/L
06/04/14	Q1*	7.45	0.010	74.6	A	47.4	2630	<10	25	0.30	0.008	0.31	0.328
06/04/14	Q2*	7.52	0.009	85.1	A	46.2	3480	<10	<10	0.40	0.001	0.07	0.154
06/04/14	N1*	5.77	0.003	47.3	A	50.71	920	250	250	2.00	0.001	0.48	0.149
06/04/14	N2*	6.83	0.001	56.3	A	50.71	2090	25	250	1.20	0.002	0.86	0.168
04/05/14	Q1	7.53	0.001	67.7	A	22.12	410	250	$7*10^3$	1.10	0.002	0.14	2.343
04/05/14	Q2	7.47	0.022	120.1	A	26.37	255	250	$4*10^2$	1.30	0.003	0.16	0.413
04/05/14	N1	6.00	0.021	55.7	A	25.76	65	250	$9*10^3$	1.90	0.006	0.17	0.269
04/05/14	N2	6.47	0.003	61.6	A	51.15	2595	25	25	2.00	0.008	0.19	0.243
09/06/14	Q1	7.51	0.021	105.0	A	47.88	5195	<10	$1*10^2$	0.90	0.003	0.39	0.481
09/06/14	Q2	7.51	0.023	128.5	A	29.7	7655	250	$2*10^3$	1.60	0.006	1.48	0.228
09/06/14	N1	5.90	0.043	59.4	A	24.85	6995	36	$2*10^3$	18.00	0.008	1.00	0.236
09/06/14	N2	6.62	0.02	78.6	A	53.64	225	250	250	20.00	0.004	8.70	0.157
16/09/14	Q1	7.93	0.020	98.8	A	37.88	2860	250	$2*10^3$	0.40	0.018	0.53	0.293
16/09/14	Q2	6.64	0.395	116.5	A	86.67	9910	$2*10^3$	$6*10^3$	0.60	0.019	1.29	2.645
16/09/14	N1	5.67	0.010	157.0	A	41.52	4925	<10	25	3.70	0.026	3.50	2.554
16/09/14	N2	6.19	0.004	179.0	A	63.94	9185	250	$8*10^2$	2.00	0.033	9.10	3.183

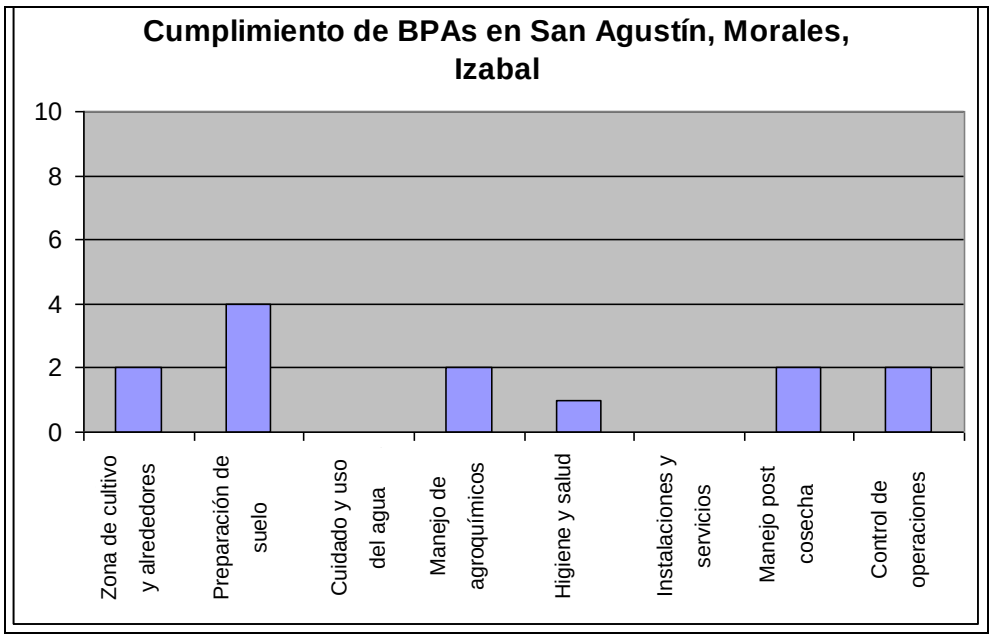
Fuente: Elaboración propia

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (A.COMOSUS) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTÍNUA

1. Buenas Prácticas Agrícolas. A continuación se muestra el gráfico resultante de la evaluación de Buenas Prácticas Agrícolas realizada en la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal. El resultado de la evaluación se puede encontrar en Cuadro 210 de anexos.

a. Resultado de evaluación del cumplimiento de Buenas Prácticas Agrícolas en la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

Figura 110. Valor de cumplimiento de cada categoría luego de la evaluación de Buenas Prácticas Agrícolas en la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.



Fuente: Elaboración propia

b. Visitas a la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

La evaluación completa se puede encontrar en cuadro 211.

Figura 111. Evaluación de fotos tomadas durante las visitas a la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

Foto	Problema
	Las letrinas se encuentran en una mala ubicación, ya que están cerca de los terrenos para cultivo. También están sucias y mal cuidadas.
	Hay animales sueltos que tienen acceso a las áreas de cultivo. Las áreas de cultivo no se encuentran cercadas.
	En algunos terrenos la forma de siembra no tiene un patrón o un orden. No se ve que el suelo esta bien labrado ya que hay malezas y basura.
	Las hojas de la piña son sembradas en terrenos que no son bien labrados. Hay basura y materia extraña como piedras, hojas y palos.

Continuación Figura 111: Evaluación de fotos tomadas durante las visitas a la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

Foto	Problema
	La piña se siembra en dirección a la pendiente del terreno. Hay incluso árboles en medio de la zona de cultivo.
	Las hojas de la piña son sembradas en terrenos que no son bien labrados. Hay basura y materia extraña como piedras, hojas y palos.
	Se dieron charlas en el salón municipal de Morales, Izabal sobre el cuidado y uso del agua. A estas charlas no asisten los pobladores de San Agustín debido a falta de transporte y de interés.

Continuación Figura 111: Evaluación de fotos tomadas durante las visitas a la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

Foto	Problema
	Hay niños que trabajan en la zona de cultivo. Algunos trabajan en casa ayudando en los labores de casa. Las personas toman agua de los pozos que se encuentran sucios y contaminados.
	Los pozos se encuentran sucios por las lluvias y los pobladores aún utilizan el agua. Los pozos de agua no se encuentran protegidos y se puede ver basura en los alrededores.

Fuente: Elaboracion propia

c. Propuesta de riego

Figura 112. Instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo utilizando material reciclable

Instructivo de elaboración de sistema de riego por goteo	
	Materiales • Botella plástica de 1.5, 2, 2.5 o 3 l con tapadera de rosca • Hisopos con base plástica de centro hueco • Cuerda, lazo o cualquier material de amarre • Vara o palo de 60-70 cm • Un clavo • Martillo

Continuación Figura 112: Instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo utilizando material reciclable

Instructivo de elaboración de sistema de riego por goteo	
	Paso 1: Perforar dos agujeros de 2 mm en la tapadera de la botella plástica utilizando un clavo y el martillo.
	Paso 2: Remover el algodón de uno de los lados de los hisopos. Atravesar dos hisopos en los agujeros de la tapadera con el algodón del lado interno
	Paso 3: Llenar la botella con agua y colocar la tapadera.

Continuación Figura 112: Instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo utilizando material reciclable

Instructivo de elaboración de sistema de riego por goteo	
	Paso 4: Amarrar la botella plástica al palo con el lazo Colocarlo boca abajo y enterrar el palo de manera que se sostenga y quede firme en el suelo.
	Paso 5: Acortar y alargar los hisopos en la tapadera para regular el flujo del goteo. Goteo lento: Más corto Goteo rápido: Más largo

Fuente: Elaboracion propia

Cuadro 62. Costos de materiales para la elaboración del sistema de riego por goteo

Material	Costos
Botella Pet	Q. 0.00
Paquete de 150 Hisopos	Q. 6.25
Palo o base para sostener la botella	Q. 0.00
Pita o material de amarre	Q. 0.00
TOTAL POR UNIDAD DE CULTIVO	Q. 0.08
TOTAL POR MANZANA/0.70Ha	Q.1,680.00

Fuente: Elaboración propia

d. Análisis físico y químico de piña (*A. comosus*). Los datos originales de los análisis realizados se pueden encontrar en la sección de Anexo cuadro 206.

A continuación se muestra el resultado promedio de las características físicas evaluadas y su clasificación de acuerdo al Codex S182.

Cuadro 63. Resultados del análisis físico de piña (*A.comosus)* de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.

Característica	Resultado Promedio (Desv. estándar)	Cumplimiento o clasificación según CODEX S182
Alto (cm)	13.3 (±0.7)	N/A
Ancho/diámetro (cm)	11.7 (±0.5)	N/A
Circunferencia (cm)	34.5 (±3.0)	N/A
Largo hojas (cm)	28.3 (±1.8)	Categoría II
Peso con hoja (Kg)	1,196.8 (±142.7)	Calibre F-G. Entre 1000 y 1200 gramos
Peso sin hoja (Kg)	1,014.8 (±133)	Calibre F-G. Entre 830 y 1000 gramos
Forma	Mayormente Ovalada / Pocas levemente esféricas	Si Cumple con la forma regular
Color hojas	Verdes / Pocas con manchas amarillas	N/A
Color cáscara	4-6	Estado de madurez organoléptica
Golpes	9% posee golpes y defectos según el Codex	Cumple con el máximo de 10% de tolerancia permitido

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 64. Resultados de análisis fisicoquímico de piña (*A. comosus*) de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.

Característica	Resultado Promedio (Desv. Estándar)	Cumplimiento o clasificación Según CODEX S182
pH	4.31 ±0.22	N/A
º Brix	16.0 ±1.1	Si cumple con el mínimo de 12.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 113. Resultado de evaluación de piña (*A. comosus*) del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

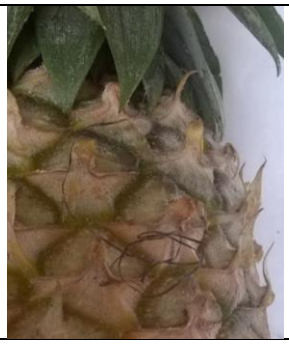
Ficha Técnica de la piña (*A. Comosus*)	
Descripción del producto	 Origen: Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. Venta: Se consigue en el mercado de Morales, Izabal. Denominación en el mercado: Mediana
Características físicas y organolépticas	Forma: La mayoría de los frutos son de forma ovalada, con algunos frutos esféricos. Tamaño: El fruto mide entre 12 y 14.5 (±0.7) cm de altura y 10.6 y 12.5 (±0.5) cm de diámetro. Peso: La piña se encuentra entre los 830 y 1000 (±140) gramos sin corona. Color: La parte exterior de la piña es de una coloración que va desde verde hasta un amarillo oscuro, indicando su madurez organoléptica. Sabor: La pulpa es de sabor dulce predominando sobre la acidez.
Características fisicoquímicas	- pH: 3.70-4.05 (±0.22) - Sólidos Solubles (°Brix): 13-18 (±1.1)

Continuación Figura 113. Resultado de evaluación de piña (*A. comosus*) del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal

Escala de colores
 1 2 3 **4 5 6** 7 Madurez fisiológica: 1-3 Madurez organoléptica: 4-6 Estado de degradación: 7 El producto es un fruto no climatérico por lo que su cosecha se da en el inicio de su madurez organoléptica
Clasificación según CODEX STAN 182-1993
Cumple con el Mínimo de Sólidos Solubles en pulpa: 12 °Brix Clasificación: ategoría II Código de calibre: F-G Golpes o defectos: 9% de las piñas no cumplen con los requisitos mínimos de defectos del Codex Stan 182-1993.
Fotos de algunas piñas evaluadas

Fuente: Elaboración propia

Figura 114. Evaluación de defectos en piñas de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal

Foto	Problema	Causa detectada
	La base de la piña tiene pedúnculos que miden más de 2 cm.	No se realizó el corte adecuadamente. Según la Norma para la piña del Codex S182-1993, los pedúnculos no pueden medir más de 2 cm de largo.
	La mitad de la piña está comenzando a podrirse. Su textura es más suave y hay decoloración en la parte afectada.	Los golpes por caídas o un mal transporte ocasionan que las partes dañadas se pudran, y el producto pierda su rigidez y color.
	Agujero con tierra en la piña que ocasiona pudrición y contaminación del producto.	Utilizar herramientas como ganchos o piochas para la recolección y transporte del producto ocasiona que se dañe y se pudra la parte afectada.
	Corte con tierra en la piña que ocasiona pudrición y contaminación del producto.	Utilizar herramientas como machetes y cuchillos para la recolección del cultivo pueden ocasionar daños en la estructura de la piña.
	Pita encima de la cáscara de la piña. La materia extraña de cualquier tipo es un peligro físico para el consumidor.	Durante el transporte la piña es colocada en sacos que al desgastarse dejan residuos como pedazos de pita.

Fuente: Elaboración propia

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el diseño de la vivienda, incluye dimensiones de miembros estructurales y secciones transversales, pesos, diagramas y planos de la vivienda. Así mismo, se hace mención de las propiedades de la madera utilizada y de los factores de reducción que acompañaron cada cálculo.

1. Diseño de vigas secundarias

a. Dimensión de miembros

Cuadro 65. Dimensiones de las vigas secundarias de techo

Vigas secundarias (costaneras)					
Dimensiones					
B(cm)	H(cm)	B(in)	H(in)	L(m)	L(ft)
3.81	6.35	1.5	2.5	1.25	4.1

Fuente: Elaboración propia

b. Cargas integradas

Cuadro 66. Cargas integradas al peso de cada viga secundaria

Cargas integradas		
	N/m^2	lbf/ft^2
Carga muerta	196	4
Carga de viento	766	16
Carga viva	490	10

Fuente: Elaboración propia

c. Soporte de las vigas sobre las vigas principales

Cuadro 67. Distancia de soporte requerida de cada viga sobre las vigas principales

Distancia de soporte las vigas principales (cm)	cm	in
	0.911	0.359

Fuente: Elaboración propia

d. Factores de correción aplicados para este análisis a la madera Laurel

Cuadro 68. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicaciòn

Factores de correción utilizados		
Factor de tamaño CF	0.9	Tabla 4A de NDS 2005
Factor de humedad en flexión carga muerta	0.85	Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene más del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.
Factor de humedad en compresión perpendicular carga muerta	0.67	
Factor de humedad en corte carga muerta	0.97	
Factor de humedad para módulo de elasticidad carga muerta	0.9	
Factor de temperatura Ct	1	En condiciones normales. La temperatura no excede los 38^0C
Factor de miembros repetitivos Cr	1.15	Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.
Factor de utilización plana Cfu	1	Tabla 4A de NDS 2005 Dimensiones nominales 2" X 3"
Factor de incisión Ci	1	Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones
Factor de duración de carga CD	1	
Factor de estabilidad CL	1	
Factor de soporte de vigas Cb	1	Según NDS 2005 es 1 para extremos de elementos.
Emin (N/mm^2)	6363	Módulo de elásticidad de madera Laurel. Fuente: Manual para la produción de Laurel. Quito, Ecuador.

Fuente: Elaboración propia

e. Efectos máximos

1) Esfuerzo de flexión

Cuadro 69. Esfuerzo de flexión requerido y admisible en vigas secundarias

Esfuerzo de Flexión	(N/mm^2)	lbf/in^2
Esfuerzo flexionante admisible	34	4931
Esfuerzo flexionante con factores de correción	30	4351
Esfuerzo flexionante obtenido	14	2031
Demanda/Capacidad	46.67%	

Fuente: Elaboración propia

2) Esfuerzo de corte

Cuadro 70. Esfuerzo de corte requerido y admisible en vigas secundarias

Esfuerzo de Corte	(N/mm^2)	lb/in^2
Esfuerzo cortante admisible	0.931	135
Esfuerzo cortante con factores de correción	0.903	131
Esfuerzo cortante obtenido	0.7	102
Demanda/Capacidad	77.52%	

Fuente: Elaboración propia

3) Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra

Cuadro 71. Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra en vigas secundarias

Compresión perpendicular a la fibra	(N/mm^2)	lb/in^2
Esfuerzo compresión admisible	4	580
Esfuerzo compresión con factores de correción	3	435

Fuente: Elaboración propia

4) Deflexiones

Cuadro 72. Deflexiones por carga viva y muerta soportadas por las vigas secundarias

Deflexiones	(N/mm^2)-mm	lbf/in^2-in
Módulo de elasticidad admisible	6363	9.E+05
Módulo de elasticidad con factores de correción	5726	8.E+05
Deflexión admisible debido a carga viva	3.472	0.137
Deflexión admisible debido a carga muerta	5.208	0.205
Deflexión debido a carga viva+muerta	4.828	0.19
Deflexión debido a carga muerta	1.379	0.054
Demanda/Capacidad de carga muerta	26.48%	
Demanda/Capacidad de carga viva+muerta	99.30%	

Fuente: Elaboración propia

2. Diseño de vigas principales

a. Dimensiones de miembros

Cuadro 73. Dimensiones de las vigas principales de techo

Vigas principales					
Dimensiones					
B(cm)	H(cm)	B(in)	H(in)	L(m)	L(ft)
6.35	13.97	2.5	5.5	3.3	9.84

Fuente: Elaboración propia

b. Cargas integradas

Cuadro 74. Cargas integradas al peso de cada viga principal

Cargas integradas	N/m^2	lbf/in^2
Carga muerta	483	10
Carga viva	490	10

Fuente: Elaboración propia

c. Soporte de las vigas sobre el panel

Cuadro 75. Distancia de soporte requerido por la viga principal sobre el panel

Distancia mínima de soporte en el panel (cm)	cm	in
	1.098	0.432

Fuente: Elaboración propia

d. Factores de corrección aplicados para este análisis a madera Laurel

Cuadro 76. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicación

Factor de tamaño CF	0.9	Tabla 4A de NDS 2005
Factor de humedad en flexión CM	0.85	Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene más del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.
Factor de humedad en compresión perpendicular CM	0.67	
Factor de humedad en corte CM	0.97	
Factor de humedad para módulo de elasticidad CM	0.9	
Factor de temperatura Ct	1	En condiciones normales. La temperatura no excede los 38◦C
Factor de miembros repetitivos Cr	1.15	Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.
Factor de utilización plana Cfu	1	Tabla 4A de NDS 2005 Dimensiones nominales 2" X 3"
Factor de incisión Ci	1	Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones
Factor de duración de carga CD	1	
Factor de estabilidad CL	1	
Factor de soporte de vigas Cb	1	Según NDS 2005 es 1 para extremos de elementos.
E_{min} (N/mm^2)	6363	Módulo de elásticidad de madera Laurel. Fuente: Manual para la produción de Laurel. Quito, Ecuador.

Fuente: Elaboración propia

e. Efectos máximos

1) Esfuerzo de flexión

Cuadro 77. Esfuerzo de flexión requerido y admisible en vigas principales

Esfuerzo de flexión	(N/mm^2)	lbf/in^2
Esfuerzo flexionante admisible	34	4931
Esfuerzo flexionante con factores de correción	30	4351
Esfuerzo flexionante obtenido	4	580
Demanda/Capacidad	13.33%	

Fuente: Elaboración propia

2) Esfuerzo de corte

Cuadro 78. Esfuerzo de corte requerido y admisible en vigas principales

Esfuerzo de corte	(N/mm^2)	lbf/in^2
Esfuerzo cortante admisible	0.931	135
Esfuerzo cortante con factores de correción	0.903	131
Esfuerzo cortante obtenido	0.3	44
Demanda/Capacidad	33.22%	

Fuente: Elaboración propia

3) Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra

Cuadro 79. Esfuerzo de compresiòn perpendicular admisible en vigas principales

Compresión perpendicular a la fibra	(N/mm^2)	lbf/in^2
Esfuerzo compresión admisible (N/mm^2)	4	580
Esfuerzo compresión con factores de correción (N/mm^2)	3	435

Fuente: Elaboración propia

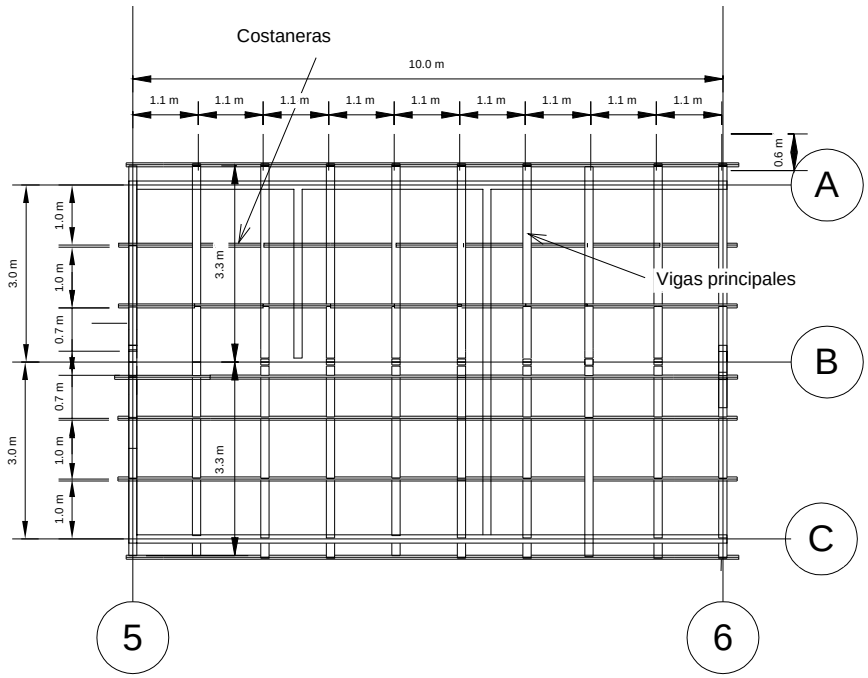
4) Deflexiones

Cuadro 80. Deflexiones por carga viva y carga muerta soportadas por las vigas principales

Deflexión	(N/mm^2)-mm	lbf/in^2-in
Módulo de elasticidad admisible	6363	9.E+05
Módulo de elasticidad con factores de correción	5726	8.E+05
Deflexión admisible debido a carga viva	8.33	0.328
Deflexión admisible debido a carga muerta	12.5	0.492
Deflexión debido a carga viva+muerta	13.79	0.543
Deflexión debido a carga muerta	6.85	0.27
Demanda/Capacidad de carga muerta	54.80%	
Demanda/Capacidad de carga viva+muerta	83.40%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 115. Vista en planta de la estructura gravitacional de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

3. Diseño de páneles

   a. Dimensión de miembros verticales y dinteles horizontales

Cuadro 81. Dimensiones de los puntales en cada panel.

Dimensiones de puntales					
B(cm)	H(cm)	B(in)	H(in)	L(m)	L(pies)
3.81	8.89	1.5	3.5	3.05	9.84

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 82. Dimensiones de los dinteles en vetanas

Dimensiones de dinteles			
B(cm)	H(cm)	B(in)	H(in)
6.35	13.97	2.5	5.5

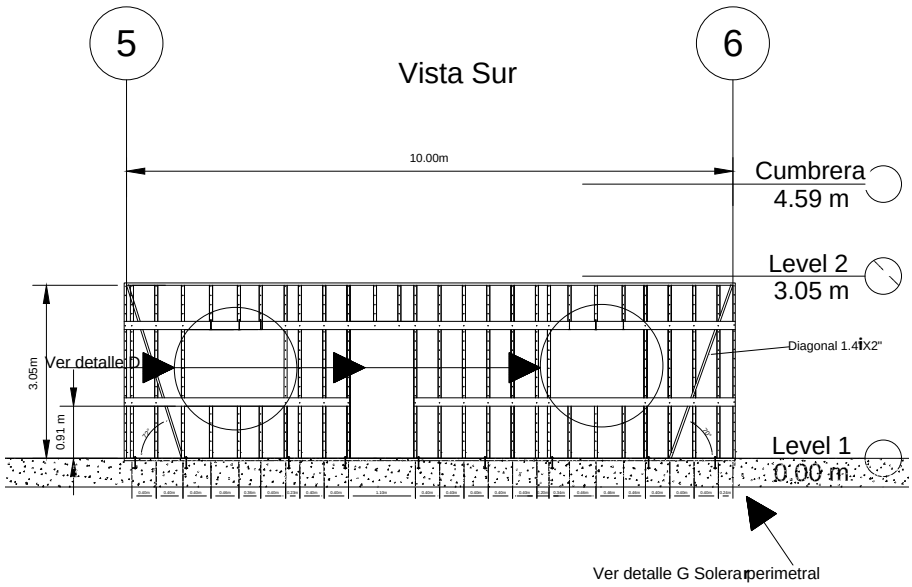
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 83. Dimensiones de las diagonales.

Dimensiones de breizas			
B(cm)	H(cm)	B(in)	H(in)
6.35	13.97	1.4	4

Fuente: Elaboración propia

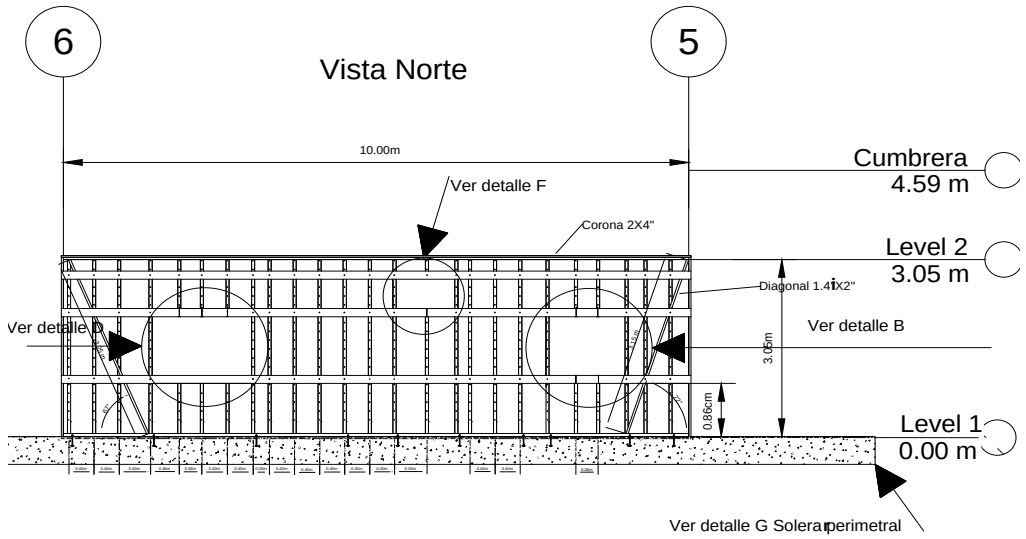
Figura 116. Elevación frontal de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vista de la estructura interior de los páneles.

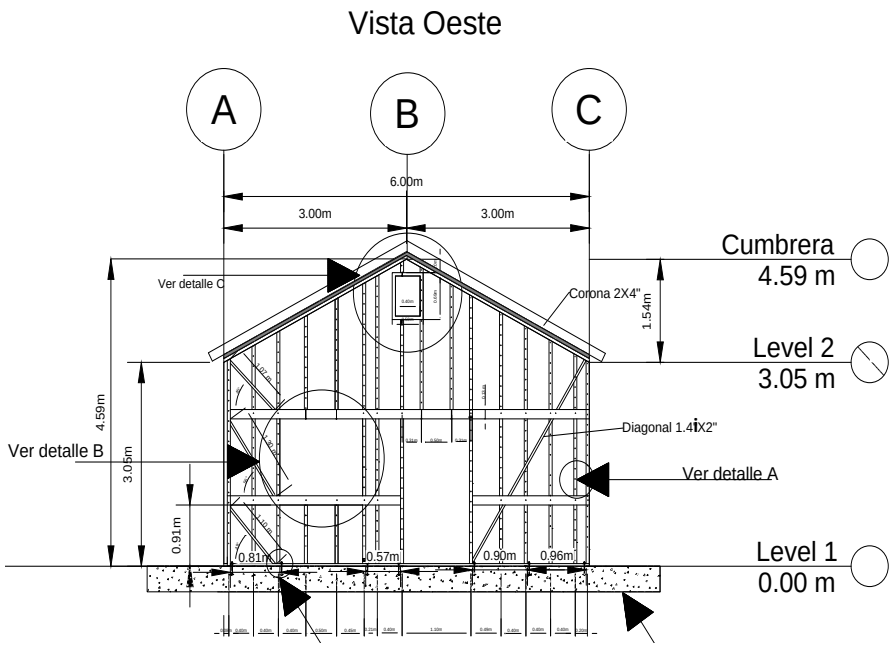
Figura 117. Elevación trasera de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vista de la estructura interior de los páneles.

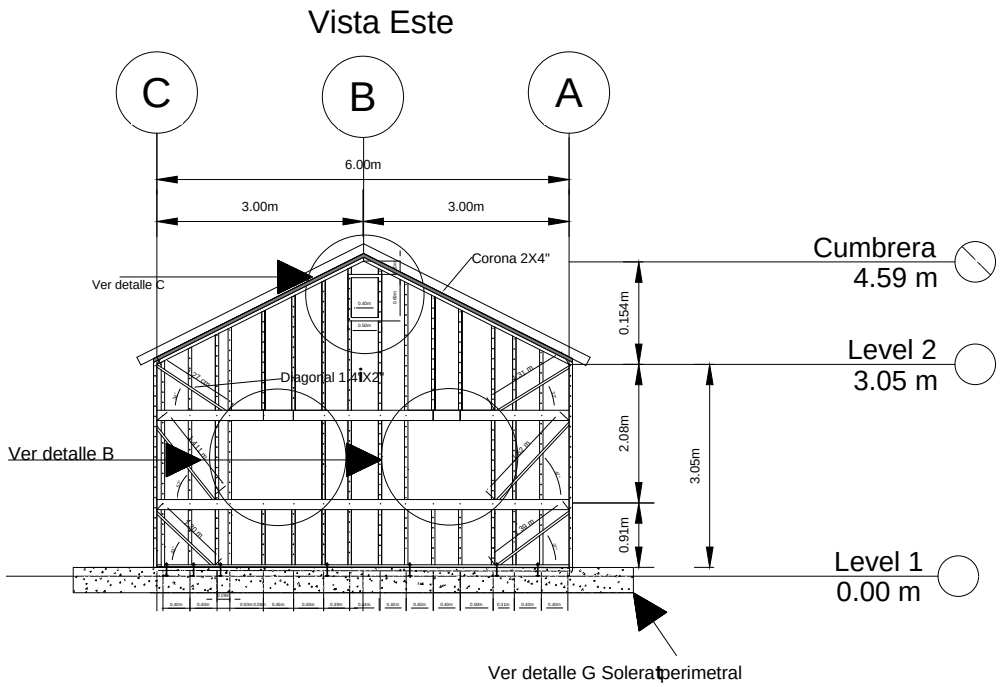
Figura 118. Elevación lateral izquierda de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vista de la estructura interior de los páneles.

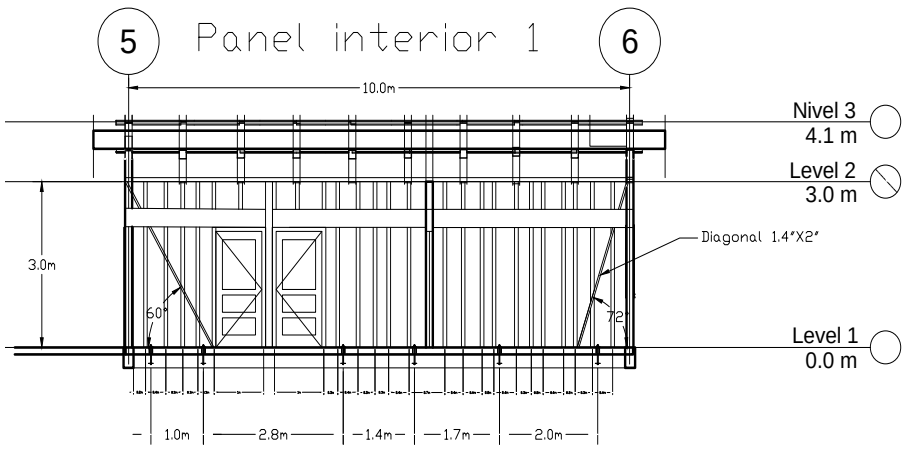
Figura 119. Elevación lateral derecha de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vista de la estructura interior de los páneles.

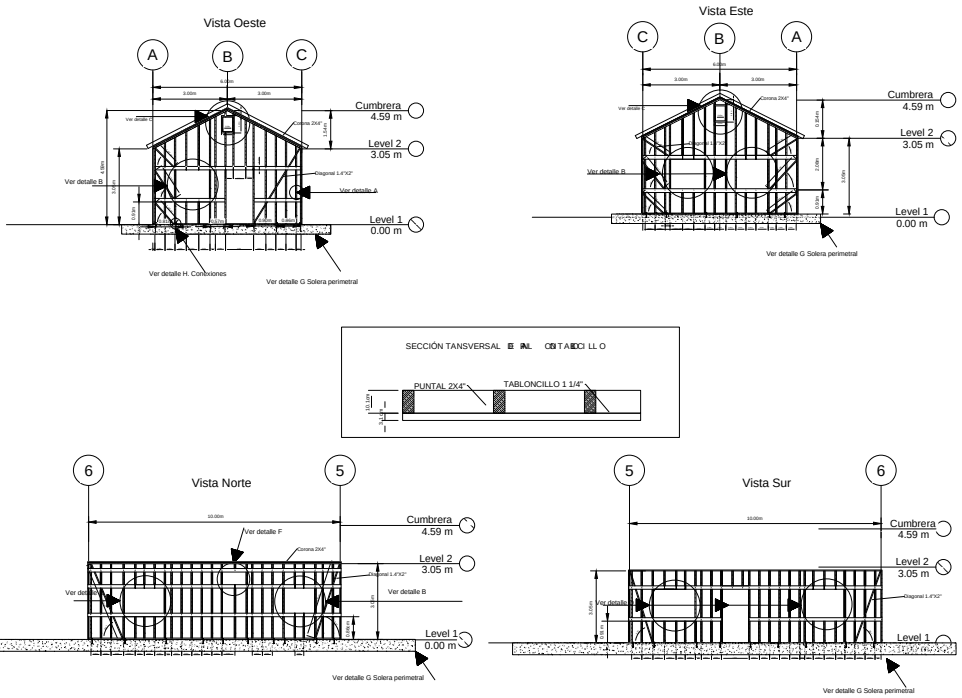
Figura 120. Elevaciones generales de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vistas de la estructura interior de los páneles desde el lado fontal.

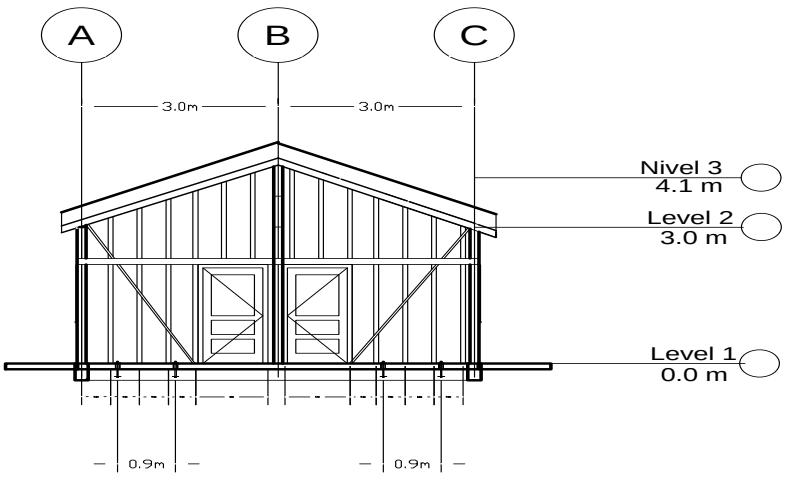
Figura 121. Elevaciones generales de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vistas de la estructura interior de los páneles.

Figura 122. Elevaciones generales de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

*Vistas de la estructura interior de los páneles desde lado lateral

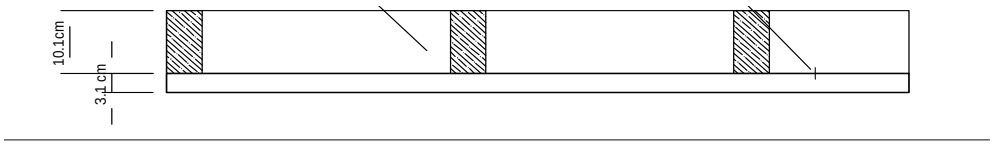
b. Especificaciones generales de los páneles:

Cuadro 84. Espesor de panel y espaciamiento de clavos para cada puntal

Especificaciones de los páneles	mm	in
Espesor neto (puntales+tabloncillo)	132	5.19
Espaciamiento entre puntales	406.4	16
Tipo de clavo a utilizar en páneles: 8d	25.4	2 1/2
Espaciamiento entre clavos conectores de panel en un puntal	152.4	6
Dimensiones de corona superior	50.8 X 101.6	2” X 4”

Fuente: Elaboración propia

Figura 123. Corte longitudinal del panel.



Fuente: Elaboración propia

4. Diseño sísmico

a. Cargas calculadas de sismo: Corte basal

Cuadro 85. Carga de sismo a la que se encuentra sometido cada panel de la vivienda

	N	lbf
Carga de sismo Este-Oeste (X).	21019	4725
Carga de sismo Norte-Sur (Y).	21019	4725

Fuente: Elaboración propia

b. Factores de correción aplicados para este análisis particular

Cuadro 86. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicaciòn

Factor de tamaño CF esfuerzo compresión paralelo.	1.15	Tabla 4A de NDS 2005 para miembros de tamaño nominal 2" X 4".
Factor de tamaño CF esfuerzo flexionante.	1.5	Tabla 4A de NDS 2005 para miembros de tamaño nominal 2" X 4".
Factor de humedad esfuerzo de compresión paralelo CM.	0.8	Tabla 4A de NDS 2005 la madera contiene más de 19% de humedad.
Factor de humedad esfuerzo de compresión perpendicular CM.	0.67	
Factor de humedad para módulo de elasticidad CM.	0.9	
Factor de humedad para esfuerzo de flexión CM.	0.85	
Factor de temperatura Ct.	1	En condiciones normales. La temperatura no excede los 38^0C.
Factor de miembros repetitivos Cr.	1.15	Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.
Factor de utilización plana Cfu.	1	Tabla 4A de NDS 2005 Dimensiones nominales 2" X 4"
Factor de incisión Ci.	1	Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.
Factor de estabilidad CL.	1	Es 1 debido a que el puntal está embreizado por los páneles para evitar el pandeo lateral torsional, en el eje fuerte X-X. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

Fuente: Elaboración propia

c. Chequeos de efectos máximos

1) Compresión en el área neta en los extremos del puntal

Cuadro 87. Compresión admisible y demandante paralela al grano

Compresión en el área neta.	(N/mm^2)	lbf/in^2
Esfuerzo de compresión admisible paralelo al grano.	175	25382
Esfuerzo de compresión con factores de corrección.	224	32488
Esfuerzo de compresión paralelo al grano obtenido.	0.451	65
Demanda/Capacidad.	0.20%	

Fuente: Elaboración propia

2) Compresión en el área gruesa. Parte media del puntal

Cuadro 88. Compresión admisible y demandante perpendicular al grano

Compresión en el área gruesa. Ocurre en la parte media del puntal.	(N/mm^2)	Lb/in^2
Longitud no embreizada eje X-X	3.05 m	10 pies
Longitud no embreizada eje Y-Y	0	
Factor de longitud efectiva K para ambos ejes.	1	
Esfuerzo de compresión axial en la sección obtenido.	0.451	65
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano con factores de corrección.	4	580
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano con factores de corrección.	3	435
Esfuerzo de compresión axial perpendicular al grano obtenido aplicado a la reglilla.	0.451	65
Relación de esbeltez en eje X-X.	34.3	
Relación de esbeltez en eje Y-Y.	0	
Módulo de elasticidad de pandeo mínimo admisible con factores de corrección.	5726	830486
Factor de interacción para madera aserrada.	0.8	
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil.	4	580
Fuerza de aplastamiento en el puntal.	176	25527
Factor de estabilidad del puntal.	0.219	
Factor de duración de carga asignado.	1.6	

Fuente: Elaboración propia

3) Flexión

Cuadro 89. Flexión en el puntal

Flexión. Ocurre en la parte media del puntal.	N*m N/mm^2	Lb*pie Lb/in^2
Momento generado por el sismo en los puntales.	815	601
Momento generado por el viento en los puntales.	362	267
Esfuerzo de flexión en el puntal debido a momento de sismo.	16	2321
Esfuerzo de compresión en el puntal debido a momento de viento.	7	1015
Esfuerzo admisible de flexión.	350	50763
Esfuerzo admisible de flexión con factores de corrección.	868	125893

Fuente: Elaboración propia

4) Flexo Compresión[1]

Cuadro 90. Flexión-compresión en el puntal

Flexo-compresión.	(N/mm^2)	Lb/in^2
Esfuerzo de flexión debido a sismo obtenido C5.	12	1740
Esfuerzo de flexión debido a sismo obtenido C6.	16	2321
Esfuerzo de compresión axial en la sección media del puntal C5.	0.451	65
Esfuerzo de compresión axial en la sección media del puntal C6.	0.168	24
Fuerza de aplastamiento en el puntal.	379	54969
Esfuerzo admisible de flexión con factores de corrección.	868	125893
Factor de duración de carga asignado.	1.6	
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil.	4	580
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje X-X.	4	580
Factor de estabilidad del puntal.	0.105	
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano con factores de corrección.	4	580
Ecuación de interacción flexo-compresión combinación C5 simo.	0.029	
Ecuación de interacción flexo-compresión combinación C6 simo.	0.021	

Fuente: Elaboración propia

5) Densidad de la madera utilizada. La densidad de la madera según tabla C3-2 de ASCE 7-10 es:

Densidad de la madera

kgf/m^3	lbf/pie^3
65	41

[1] Para este chequeo C5 y C6 son las combinaciones de carga dominantes del análisis, para mayor detalle refiérase a la memoria de cálculo del análisis sísmico y de viento que aparecen en los anexos de esta investigación.

6) Parámetros sísmicos

Cuadro 91. Parámetros de diseño sísmico para la estructura

Determinación del tipo de suelo				
Suelo D				
Parámetros de aceleracion del sitio			Morales, Izabal	
Ss	1.3 g			
S1	0.5g			
Coeficientes Fa y FV				
Fa	1			
Fv	1.5			
Parámetros de aceleracion espectral				
S_{MS}=FaSs	1.3 g			
S_{M1}=FvS1	0.75 g			
Parámetros de aceleracion de diseño				
SDS=2/3 S_{MS}	0.87 g			
SD1=2/3 S_{M1}	0.5 g			
Categoría de diseño sísmico				
CDS	D			
Dirección	SRL	R	Ωo	Cd
X	Muros de corte livianos de madera	6.5	3	4
Y	Muros de corte livianos de madera	6.5	3	4

Fuente: Elaboración propia

7) Determinación del peso sísmico de la estructura

Cuadro 92. Peso sísmico de la estructura

Nivel	Elemento	Sección	Área/ Long	Unidades m^2	W_{unit}	Unidades	Cantidad	W (kN)	%
Único	Losa	-	63	m^2	2202	N/m^2	1	139.36	92.89%
	Vigas secundarias	1.5 X 3	1.08	m	18.69	N/m	52	1.050	0.70%
	Vigas primarias	2.5 X 5.5	3	m	57.134	N/m	20	3.428	2.28%
	Puntales	2 X 4	3	m	33.242	N/m	62	6.183	4.12%
							Suma	150	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

8) Resumen de peso sísmico de la estructura

Cuadro 93. Peso sísmico integrado

RESUMEN			
Nivel	W_{DL}, kN	W_{LL}, kN	Ws = WDL + 0.25 W_{LL},KN
Único	150	30	157.60
		∑W	157.60

Fuente: Elaboración propia

9) Distribución de la carga sísmica dirección X

Cuadro 94. Carga sísmica en dirección X

Nivel	Wi, kN	hi,m	hbase,m	Wi hi^k	Cv	Vnivel, Kips	V marco, kips
Único	157.60	3.05	3.05	480.68	1.00	68.47	17.12
			∑Wihi^k	480.68		68.47	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 95. Factor K de distribución sísmica dirección X

k	1
T	0.06
si T<0.5,k	1
si T>2.5,k	2
kcualculado	0.782

Fuente: Elaboración propia

10) Distribución de la carga sísmica dirección Y

Cuadro 96. Carga sísmica en dirección Y

Nivel	Wi, Kips	hi,ft	hbase,ft	Wi hi^k	Cv	Vnivel, Kips	V marco, kips
1	157.60	10.00	12.00	1,891.21	3.93	269.39	67.35
			∑Wihi^k	1,891.21			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 97. Factor K de distribución sísmica dirección Y

k	1
T	0.06
si T<0.5,k	1
si T>2.5,k	2
$k_{calculado}$	0.782

Fuente: Elaboración propia

a) Determinación de corte basal en dirección X

Cuadro 98. Cálculo de corte basal dirección X

V=CsWs	21.01	kN
Cs	0.13	
Ws	157.60	kN
Cscalculado =SDS/(R/Ie)	0.13	
SDS	0.87	
R	6.5	
Ie	1	
Período aproximado de la estructura		
$Ta=Ct*hn^x$	0.05	s
Ct	0.02	
hn	3.05	m
x	0.75	
T=CuTa	0.06	s
Cu	1.4	
Límite máximo		
T_L	8	
Cs max	1.19	
Cs min -a-	0.0100	
Cs min -b-	0.038	
Cs min	0.038	
Corte basal por marco(kN)		
Vmarco	7	kN

Fuente: Elaboración propia

b) Determinación de corte basal en dirección Y

Cuadro 99. Cálculo de corte basal dirección Y

V=CsWs	21.01	
Cs	0.13	
Ws	157.60	kN
Cscalculado =SDS/(R/Ie)	0.13	
SDS	0.87	
R	6.5	
Ie	1	
Período aproximado de la estructura		
$Ta=Ct*hn^x$	0.05	s
Ct	0.02	
hn	3.05	m
x	0.75	
T=CuTa	0.06	s
Cu	1.4	tabla 12.8-1
Límite máximo		
T_L	8	s
Cs max	1.19	
Cs min -a-	0.01	
Cs min -b-	0.0381	
Cs min	0.038	
Corte basal por marco(kN)		
Vmarco	7	kN

Fuente: Elaboración propia

5. Diseño por resistencia al viento

a. Cargas calculadas de viento: Levantamiento

Cuadro 100. Carga de viento y sismo en cada cara de la vivienda

	N	lbf
Carga de viento Este-Oeste	3622	814
Carga de viento Norte-Sur	6659	1497

Fuente: Elaboración propia

b. Factores de correción aplicados para este análisis particular

Cuadro 101. Factores de corrección selecionados para cada caso de aplicación

Factores de correción utilizados			
Factor de tamaño CF esfuerzo compresión paralelo.	1.15	Tabla 4A de NDS 2005 para miembros de tamaño nominal 2" X 4"	
Factor de tamaño CF esfuerzo flexionante.	1.5	Tabla 4A de NDS 2005 para miembros de tamaño nominal 2" X 4"	
Factor de humedad esfuerzo de compresión paralelo CM.	0.8	Tabla 4ª, de NDS 2005. La madera contiene más de 19% de humedad.	
Factor de humedad esfuerzo de compresión perpendicular CM.	0.67		
Factor de humedad para módulo de elasticidad CM.	0.9		
Factor de humedad para esfuerzo de flexión CM.	0.85		
Factor de temperatura Ct.		1	En condiciones normales. La temperatura no excede los 38^0C
Factor de miembros repetitivos Cr.	1.15	Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.	
Factor de utilización plana Cfu.	1	Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones nominales 2" X 4"	
Factor de incisión Ci.	1	Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones	
Factor de estabilidad CL.	1	Es 1 debido a que el puntal está embreizado por los páneles para evitar el pandeo lateral torsional en el eje fuerte X-X. Sección 3.3.3 de NDS 2005.	

Fuente: Elaboración propia

c. Chequeos de efectos máximos

1) Compresión en el área neta en los extremos del puntal

Cuadro 102. Compresión admisible y demandante paralela al grano

Compresión en el área neta. En los extremos del puntal.	(N/mm^2)	Lb/in^2
Esfuerzo de compresión admisible paralelo al grano.	175	25382
Esfuerzo de compresión con factores de corrección.	224	32488
Esfuerzo de compresión paralelo al grano obtenido.	0.451	65
Demanda/Capacidad.	0.20%	

Fuente: Elaboración propia

2) Compresión en el área gruesa. Parte media del puntal

Cuadro 103. Compresión admisible y demandante paralela al grano

Compresión en el área gruesa. Ocurre en la parte media del puntal.	(N/mm^2)	lbf/in^2
Longitud no embreizada eje X-X (m).	3.05	10
Longitud no embreizada eje Y-Y (m).	0	
Factor de longitud efectiva K para ambos ejes.	1	
Esfuerzo de compresión axial en la sección obtenido.	0.451	65
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano con factores de corrección.	4	580
Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano con factores de corrección.	3	435
Esfuerzo de compresión axial. Perpendicular al grano obtenido. Aplicado a la reglilla.	0.451	65
Relación de esbeltez en eje X-X.	34.3	
Relación de esbeltez en eje Y-Y.	0	
Módulo de elasticidad de pandeo mínimo admisible con factores de corrección.	5726	830486
Factor de interacción para madera aserrada.	0.8	
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil.	4	580
Fuerza de aplastamiento en el puntal.	176	25527
Factor de estabilidad del puntal.	0.219	
Factor de duración de carga asignado.	1.6	

Fuente: Elaboración propia

3) Flexión

Cuadro 104. Flexión en el puntal

Flexión. Ocurre en la parte media del puntal.	N*m N/mm^2	lbf*pie Lb/in^2
Momento generado por el sismo en los puntales.	815	601
Momento generado por el viento en los puntales.	362	267
Esfuerzo de flexión en el puntal, debido a momento de sismo.	16	2321
Esfuerzo de compresión en el puntal, debido a momento de viento.	7	1015
Esfuerzo admisible de flexión.	350	50763
Esfuerzo admisible de flexión con factores de corrección.	868	125893

Fuente: Elaboración propia

4) Flexo compresión

Cuadro 105. Flexo compresión

Flexo-compresión.	(N/mm^2)	Lb/in^2
Esfuerzo de flexión debido a viento obtenido C5.	5	784
Esfuerzo de flexión debido a viento obtenido C6.	7	1046
Esfuerzo de compresión axial, en la sección media del puntal C5.	0.451	65
Esfuerzo de compresión axial, en la sección media del puntal C6.	0.168	65
Fuerza de aplastamiento en el puntal.	379	24
Esfuerzo admisible de flexión con factores de corrección.	868	125893
Factor de duración de carga asignado.	1.6	
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil.	4	580
Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje X-X .	4	580
Factor de estabilidad del puntal.	0.105	
Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano con factores de corrección.	4	580
Ecuación de interacción flexo-compresión combinación C5 viento.	0.02	
Ecuación de interacción flexo-compresión combinación C6 viento.	0.01	

Fuente: Elaboración propia

5) Parámetros de diseño por viento: Procedimiento de envolvente[2]

Cuadro 106. Parámetros considerados para el diseño por viento

Exposición de la estructura	B
Kd	0.85
Ubicación	Morales, Izabal
Velocidad del viento promedio en la zona de Morales, Izabal (km/h, mph)	
115.6, 68	
Presión de remanso (kN/m^2)	
q_s	573
Coeficiente de exposición de velocidad de presión	
Kz	0.7
Factor topográfico	
K_{zt}	1
Coeficientes de presión interna	
GCp	
Negativo	-0.55
Positivo	0.55
Presión del viento qz (kN/m^2)	
qz	0.068
Presión obtenida (kN/m^2)	
0.005	
Presión mínima requerida por ASCE 7-10 (kN/m^2)	
766	

Fuente: Elaboración propia

6. Diseño de solera perimetral. La vivienda tiene una solera perimetral por cimiento, la cual da el soporte adecuado a la misma, y sirve para embeber los pernos de anclaje de los páneles que soportan las fuerzas de corte provocadas por sismos y fuerzas de tensión, que generan momentos de volteo debido a los efectos del viento.

[2] Procedimiento de cálculo desarrollado según ASCE 7-10 Capítulos 26 y 28

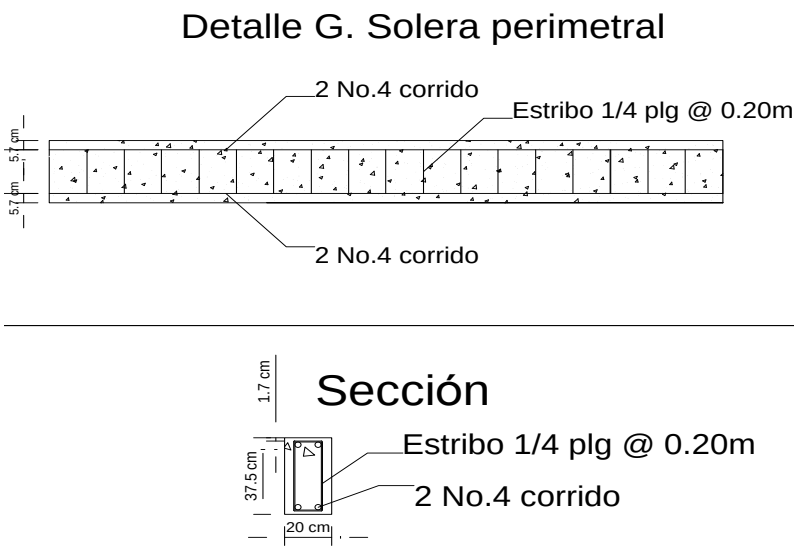
a. Dimensiones

Cuadro 107. Dimensiones de la solera perimetral

Longitud lado largo	10	m
Longitud lado corto	6	m
Peralte	37.5	cm
Ancho	20	cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 124. Refuerzo de solera perimetral.



Fuente: Elaboración propia

b. Deflexiones

Cuadro 108. Deflexiones en la solera.

Deflexión admisible debido a carga viva.	8.33	mm
Deflexión debido a carga viva.	0.011	mm
Deflexión admisible debido a carga viva+muerta.	12.5	mm
Deflexión debido a carga viva+muerta.	0.062	mm

Fuente: Elaboración propia

c. Propiedades de refuerzo de la solera

Cuadro 109. Propiedades de la solera

Fy acero	414	MPa
Fc concreto	28	MPa
Acero mínimo	40.51	cm^2
No. Barras refuerzo positivas	2	unidades
Barra no. Positivas	4	
No. Barras refuerzo negativas	2	unidades
Barra no. Negativas	4	
Distancia de refuerzo al borde	5.7	cm
Separación entre barras	24.8	cm
Estribos	1.9	cm
Largo de cada estribo.	83.4	cm
Cantidad de estribos, total en cada solera lado Este-Oeste.	18	unidades
Cantidad de estribos, total en cada solera lado Norte-Sur.	12	unidades
Separación entre estribos.	20	cm
Módulo de elasticidad admisible.	2.E+06	MPa

Fuente: Elaboración propia

7. Dimensiones de la losa de piso

Cuadro 110. Dimensiones de la losa de piso y características de refuerzo.

Largo	13	m
Ancho	9	m
Espesor	0.07	m
Volumen de losa	8.19	m^3
Electromalla de 6”X6”X3/16”		
Rollo de recubrimiento asfáltico para impermeabilizar		

Fuente: Elaboración propia

8. Proporción de mezcla de concreto

Cuadro 111. Propociones de mezcla de concreto para la solera y el piso.

Material	Relación A/C	Proporción volumétrica por cemento
Cemento	0.27	1
Agua	0.21	7/9
Piedrín	0.68	2 1/2
Arena	0.69	2 5/9

Fuente: Elaboración propia

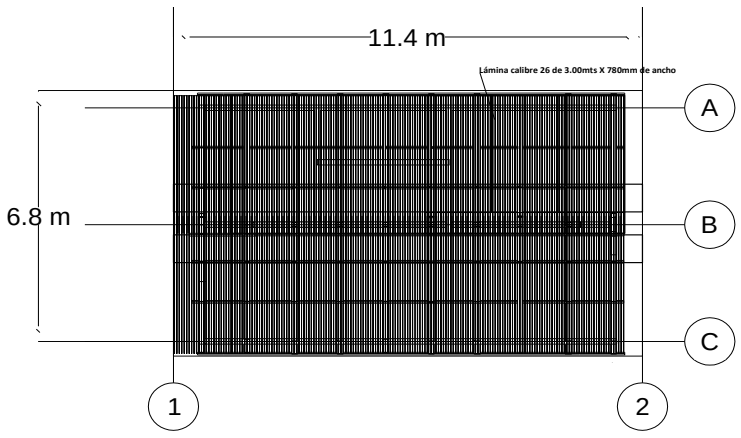
9. Lámina de cubierta. La vivienda cuenta con una cubierta de aleación dealuminio-zinc (conocida comercialmente como aluzinc) de calibre 26 la cual sirve para captar el agua pluvial y canalizarla a través de las canales hasta un depósito para el proceso de purificación.

Cuadro 112. Especificación de diseño de lámina para cubierta.

Especificación de diseño de lámina para cubierta							
Calibre	Espesor (mm)	Peso nominal (kgf/m)	Peso nominal (kgf/m^2 ancho útil)	Ancho total (cm)	Ancho útil	Cantidad de clavos/costanera	Largo (m)
26	0.45	3.079	4.051	810	760	4	3.66

Fuente: Elaboración propia

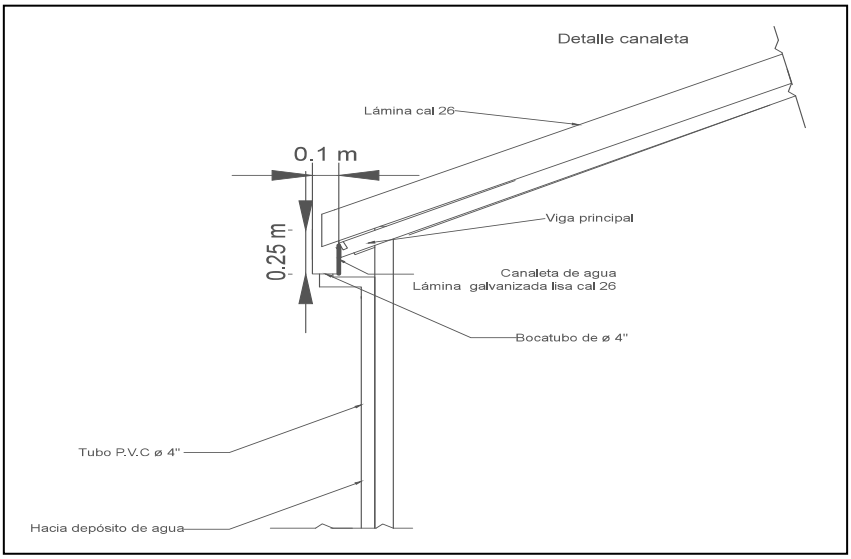
Figura 125. Vista de planta de la lámina de cubierta.



Fuente: Elaboración propia

10. Canales. Las canales tienen el propósito de llevar el agua que caiga sobre el techo al filtro que está instalado al final del sistema de tuberías para su posterior tratamiento. Éstas son canales de lámina galvanizada, calibre 26, prefabricadas para su fácil instalación.

Figura 126. Vista en detalle de la canal de agua.



Fuente: Elaboración propia

11. Conexiones. El sistema estructural cuenta con varios tipos de conexiones, según su propósito.

a. Pernos de anclaje diseñados por corte. Los pernos de anclaje van embebidos en el concreto y soportan las fuerzas de tensión debido a viento, y en los páneles las fuerzas de corte debidas a sismo.

Cuadro 113. Carácterísticas de los pernos de anclaje para los páneles exteriores.

Pernos de anclaje exteriores		
Longitud	20	cm
Diámetro	1.27	cm
Esfuerzo de tensión admisible de cada perno	448	MPa

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 114. Factores de corrección seleccionados para diseño de pernos de anclaje.

Factores de correción utilizados		
CD	1.6	Factor de duración de carga para pernos de anclaje.
C_M	0.85	Factor de humedad.
Ct	1	En condiciones normales. La temperatura no excede los 38^0C.
Cg	1	Factor de grupo. Se asume 1 debido a que los pernos estarán unicamente en los extremos de cada panel.
C_Δ	1	Factor de geometría.
Ceg	1	Factor de grano. Los conectores no estarán conectados parelelos al grano.
Y	0.38	Gravedad específica de la madera de laurel.

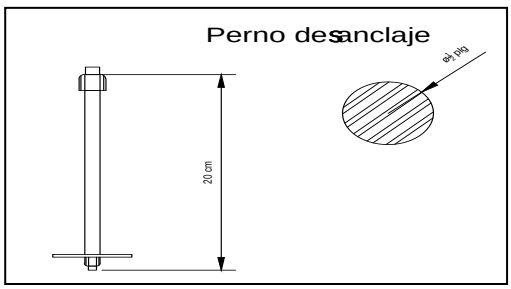
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 115. Fuerza de corte a la que se encuentra sometido cada perno y fuerza de corte admisible correspondiente.

Espaciamiento máximo entre pernos	1.63	m
Fuerza de corte calculado en cada perno	2099	N
Fuerza de corte admisible con factores de correción	2587	N

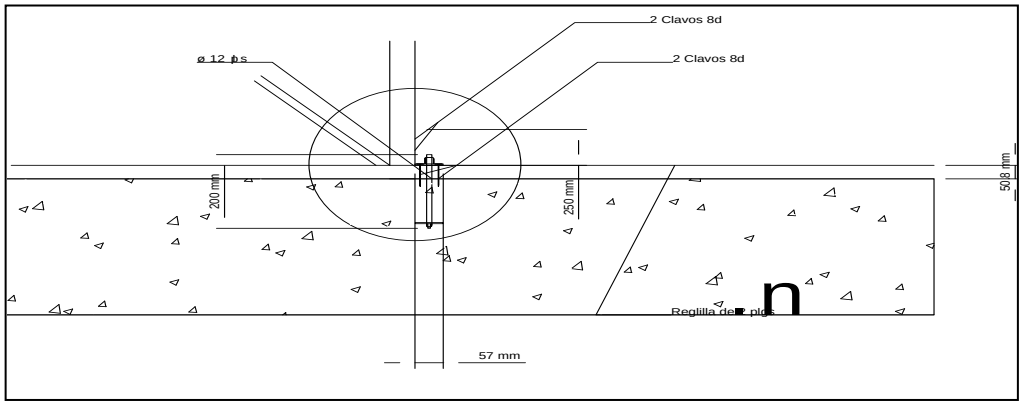
Fuente: Elaboración propia

Figura 127. Detalle de pernos de anclaje para páneles exteriores



Fuente: Elaboración propia

Figura 128. Detalle de anclaje de perno en el concreto.



Fuente: Elaboración propia

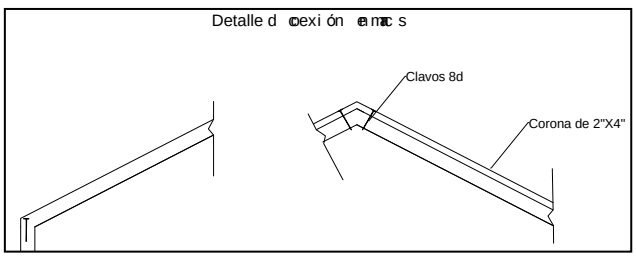
Cuadro 116. Cantidad de pernos requeridos para cada panel exterior y penetración mínima admitida en el concreto

Cantidad de pernos y penetración mínima de cada uno en el concreto		
Número mínimo de pernos por panel	2	Unidades
Penetración mínima en el concreto	7.62	cm

Fuente: Elaboración propia

b. Conexión entre los elementos de los marcos de las caras cortas. Los marcos exteriores de la vivienda se concetan por medio de clavos 8d como muestra la figura 129.

Figura 129. Conexión de marcos de páneles de caras cortas



Fuente: Elaboración propia

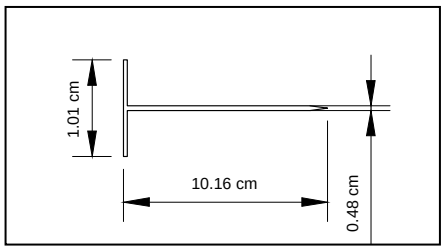
Respecto a los clavos a utilizar, son clavos comunes 8d. A continuación se presenta una tabla con las medidas de los diferentes tipos de clavos y sus propiedades geométricas.

Cuadro 117. Dimensiones estándar para clavos de madera utilizados en el proyecto (NDS 2005)

Tipos de clavos		
Nomenclatura	Largo	
	in	cm
6d	2	5.08
8d	2.5	6.35
20d	4	10.16

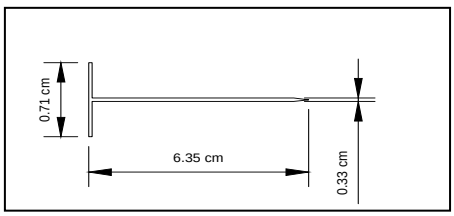
Fuente: Elaboración propia

Figura 130. Clavo 20d.



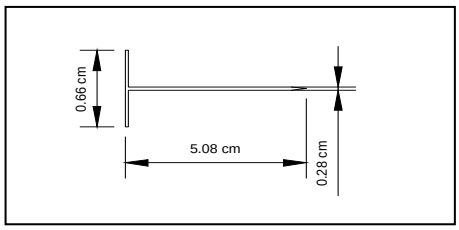
Fuente: Elaboración propia

Figura 131. Clavo 8d.



Fuente: Elaboración propia

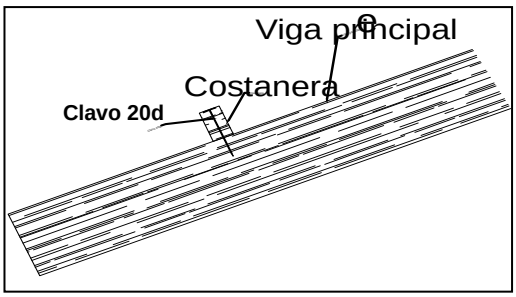
Figura 132. Clavo 6d.



Fuente: Elaboración propia

c. Conexión viga-costanera. Las costaneras se conectan debidamente a las vigas principales, por medio de clavos 20d (ver Figura 133) con un clavo en cada extremo de la costanera como se muestra en la Ilustración 112.

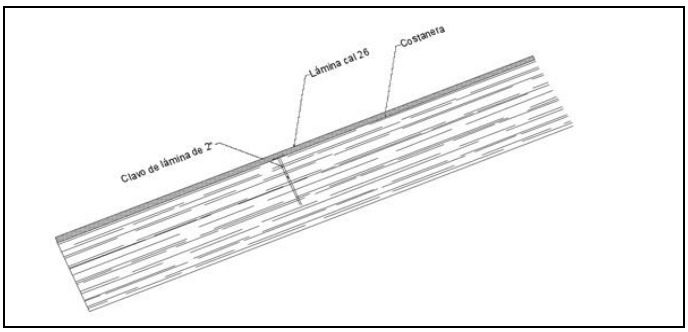
Figura 133. Detalle de la conexión viga-costanera.



Fuente: Elaboración propia

d. Conexión lámina-costanera. Al igual que la conexión de las vigas principales con las costaneras, estas últimas se conectan por medio de clavos a la lámina. Para resistir la fuerza de levantamiento del viento estos clavos miden 2 in de diámetro.

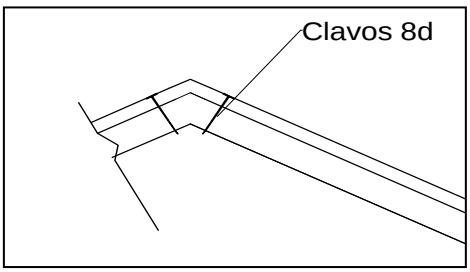
Figura 134. Detalle de la conexión lámina-costanera.



Fuente: Elaboración propia

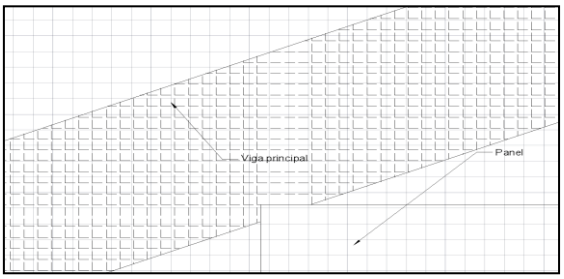
e. Conexión viga-viga. La parte superior de la cubierta donde se unen las vigas principales, se conectan por medio de clavos estándar 8d. Respecto al extremo inferior de cada viga, estas se apoyan al panel, haciendo una incisión en la viga para que ésta se apoye sobre el mismo.

Figura 135. Detalle de la conexión viga principal-viga principal.



Fuente: Elaboración propia

Figura 136. Detalle de la conexión viga principal-panel



Fuente: Elaboración propia

12. Volumenes de material

Cuadro 118. Volumen total de material necesario para la soleraperimetral de la vivienda.

Volúmen de material en solera perimetral		
Concreto	2	m^3
Cemento	14	sacos
Arena	1	m^3
Piedrín	2	m^3
Agua	0.060	m^3 (16 galones)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 119. Volumen total de material necesario para la losa de piso.

Volúmen de material para losa de piso		
Concreto	8	m^3
Cemento	49	sacos
Arena	5	m^3
Piedrín	6	m^3
Agua	0.21	m^3 (57 galones)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 120. Volumen total de madera en pie/tablar.

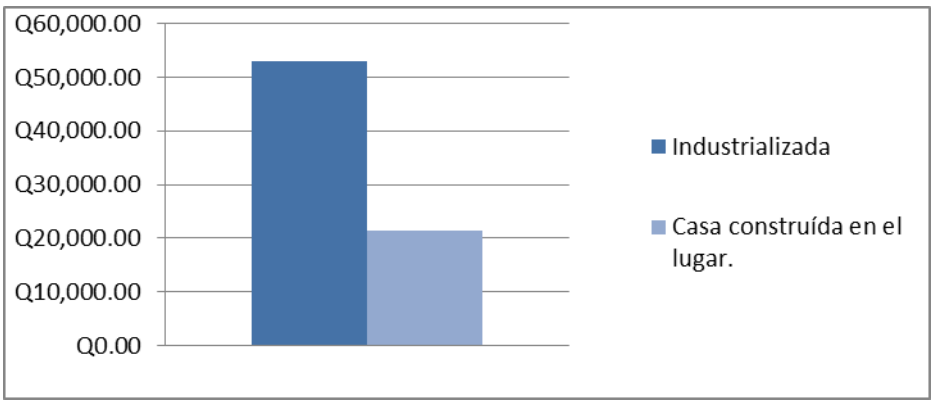
Código de identificación	Volumen Pie tablar de madera		
	Pie tablar/pieza	Piezas totales	Pie tablar
A1	1.992	28	55.776
A2	1	16	16
A3	0.375	16	6
A4	73.44	5	367.2
A5	19.92	10	199.2
A6	3.12	12	37.44
A7	12.5	180	2250
A8	13.32	16	213.12
A9	0.46875	180	84.375
A10	12.584	20	251.68
A11	1.248	80	99.84
A12	9.99	15	149.85
A13	6.66	120	799.2
	Pie tablar total		4529.681

*pie/tablar corresponde a una tabla de 1 ft de ancho por 1 ft de largo y 1 in de espesor.

Fuente: Elaboración propia

13. Costos

Figura 137. Gráfica del costo de la vivienda industrializada vrs costo de la vivienda construída por los pobladores del Caserío cumbre de San Agustìn.



Fuente: Elaboración propia

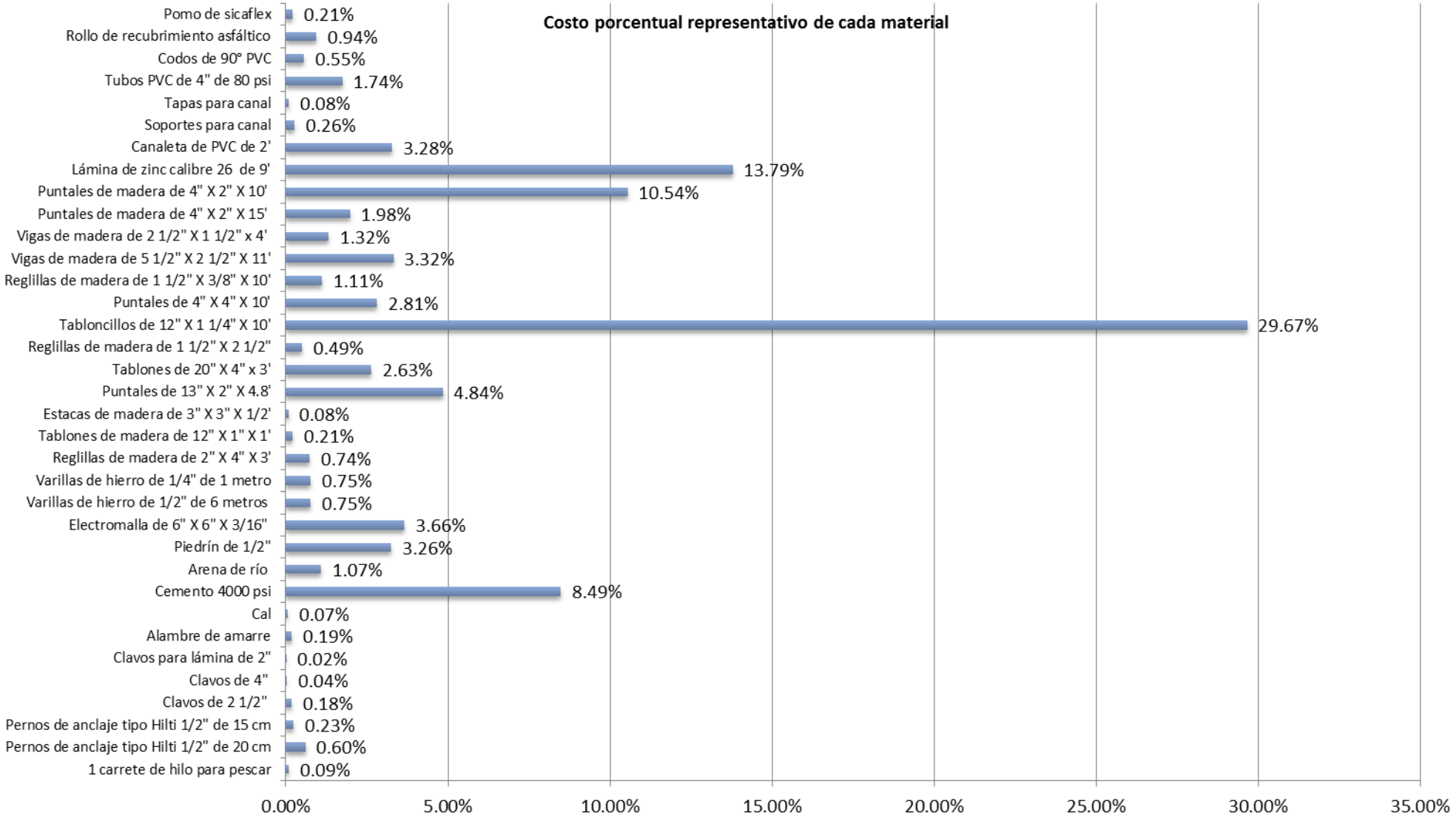
Cuadro 121. Desglose de costos totales de la vivienda.[3]

Código de identificación	Cuantificación de materiales para vivienda					
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total por pieza	%
	1 carrete de hilo para pescar	1	Unidad	Q50.00	Q50.00	0.09%
	Pernos de anclaje tipo Hilti 1/2" de 20 cm	40	Unidad	Q8.00	Q320.00	0.60%
	Pernos de anclaje tipo Hilti 1/2" de 15 cm	20	Unidad	Q6.00	Q120.00	0.23%
	Clavos de 2 1/2"	24	Libra	Q4.00	Q96.00	0.18%
	Clavos de 4"	5	Libra	Q4.00	Q20.00	0.04%
	Clavos para lámina de 2"	2	Libra	Q4.00	Q8.00	0.02%
	Alambre de amarre	25	Libra	Q4.00	Q100.00	0.19%
	Cal	1	Bolsa	Q35.00	Q35.00	0.07%
	Cemento 4000 psi	63	Sacos	Q71.50	Q4,504.50	8.49%
	Arena de río	6	m^3	Q95.00	Q570.00	1.07%
	Piedrín de 1/2"	8	m^3	Q216.00	Q1,728.00	3.26%
	Electromalla de 6" X 6" X 3/16"	12	Unidad	Q162.00	Q1,944.00	3.66%
	Varillas de hierro de 1/2" de 6 metros	1	Quintal	Q400.00	Q400.00	0.75%
	Varillas de hierro de 1/4" de 1 metro	1	Quintal	Q400.00	Q400.00	0.75%
A1	Reglillas de madera de 2" X 4" X 3'	56	Pie/tablar	Q7.00	Q390.43	0.74%
A2	Tablones de madera de 12" X 1" X 1'	16	Pie/tablar	Q7.00	Q112.00	0.21%
A3	Estacas de madera de 3" X 3" X 1/2'	6	Pie/tablar	Q7.00	Q42.00	0.08%
A4	Puntales de 13" X 2" X 4.8'	367	Pie/tablar	Q7.00	Q2,570.40	4.84%
A5	Tablones de 20" X 4" x 3'	199	Pie/tablar	Q7.00	Q1,394.40	2.63%
A6	Reglillas de madera de 1 1/2" X 2 1/2"	37	Pie/tablar	Q7.00	Q262.08	0.49%
A7	Tabloncillos de 12" X 1 1/4" X 10'	2250	Pie/tablar	Q7.00	Q15,750.00	29.67%
A8	Puntales de 4" X 4" X 10'	213	Pie/tablar	Q7.00	Q1,491.84	2.81%
A9	Reglillas de madera de 1 1/2" X 3/8" X 10'	84	Pie/tablar	Q7.00	Q590.63	1.11%
A10	Vigas de madera de 5 1/2" X 2 1/2" X 11'	252	Pie/tablar	Q7.00	Q1,761.76	3.32%
A11	Vigas de madera de 2 1/2" X 1 1/2" x 4'	100	Pie/tablar	Q7.00	Q698.88	1.32%
A12	Puntales de madera de 4" X 2" X 15'	150	Pie/tablar	Q7.00	Q1,048.95	1.98%
A13	Puntales de madera de 4" X 2" X 10'	799	Pie/tablar	Q7.00	Q5,594.40	10.54%
	Lámina de zinc calibre 26 de 9'	24	Unidad	Q305.10	Q7,322.40	13.79%
	Canaleta de PVC de 2'	4	Unidad	Q435.80	Q1,743.20	3.28%
	Soportes para canal	20	Unidad	Q7.00	Q140.00	0.26%
	Tapas para canal	2	Par	Q22.50	Q45.00	0.08%
	Tubos PVC de 4" de 80 psi	3	Unidad	Q308.00	Q924.00	1.74%
	Codos de 90° PVC	3	Unidad	Q98.20	Q294.60	0.55%
	Rollo de recubrimiento asfáltico	1	Unidad	Q500.00	Q500.00	0.94%
	Pomo de sicaflex	2	Pomo	Q55.00	Q110.00	0.21%
Costo total de casa industrializada					Q53,082.47	100.00%
Costo/ metro^2 de casa industrializada					Q884.71	
Costo real de materiales de la casa construída en Morales, Izabal					Q21,374.70	
Mano de obra en Morales					Q6,341.55	
Costo total de la casa construída en Morales, Izabal					Q27,716.25	
Costo/ metro^2 de la casa construída en Morales, Izabal					Q461.94	

[3] Precios aproximados de material a septiembre 2014. Los costos pueden variar dependiendo de los proveedores

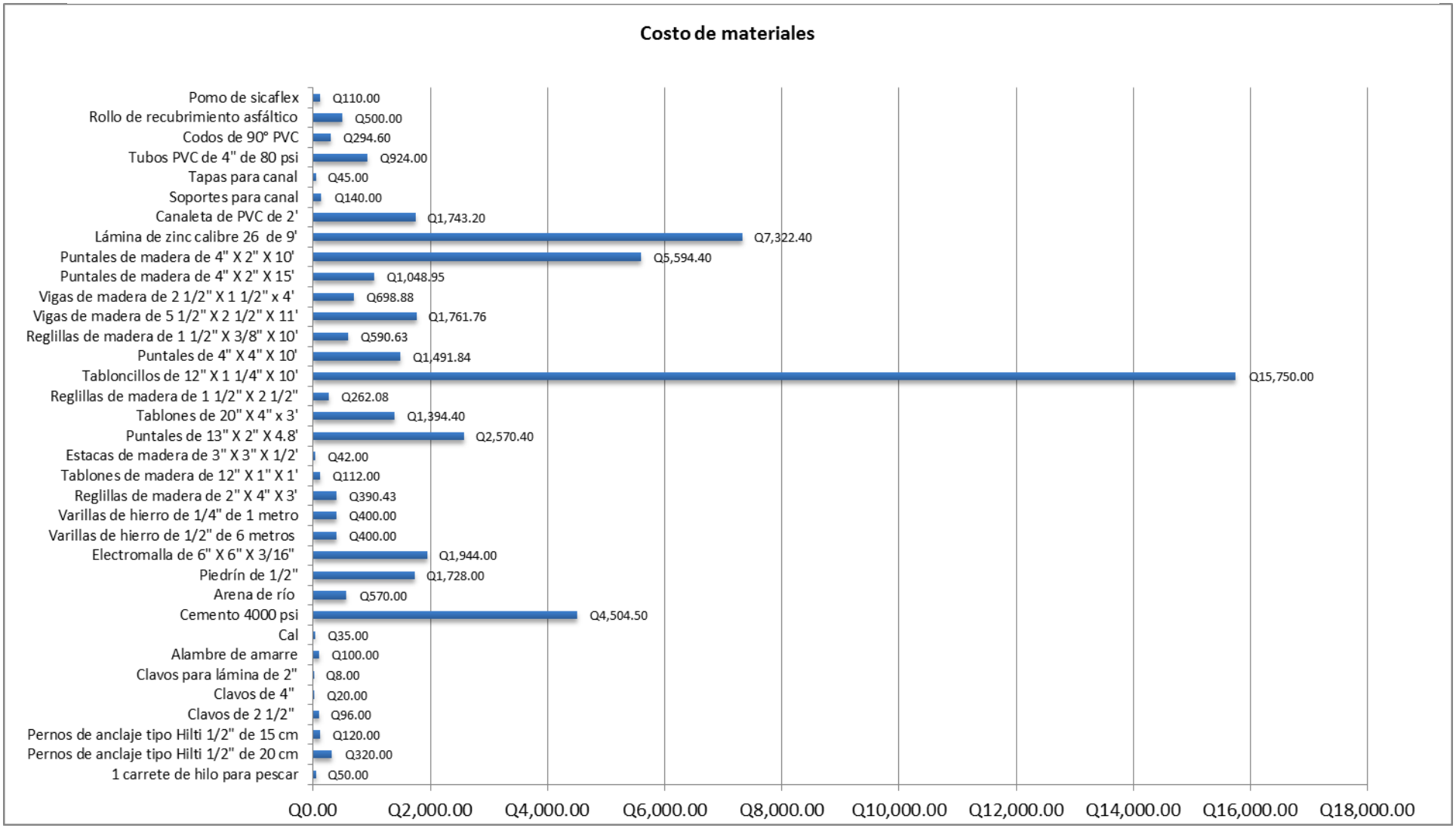
Fuente: Elaboración propia

Figura 138. Gráfica de representaciòn porcentual de la materia prima de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Figura 139. Gráfica de costo de materiales necesarios para la construcciòn de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

Cuadro 122. “Datos de lluvia INSIVUMEH del 2011 al 2014 en mm de agua”

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total (mm de agua)
2011	96.3	60.3	107.7	8.3	100	214.9	193.5	223.5	311.5	231.6	113.9	122.7	1784.2
2012	197.5	129.2	58	36	175.6	288.5	188.1	142.3	193.4	294.3	113.6	72.2	1888.7
2013(1)	106.3	77.7	51.7	9.2	157.5	1052	1202	1112	704.5	189	167.5	267.5	5096.9
2014	127	205.5	99	87	205.5	109	--- (2)	--- (2)	---	---	---	---	---
Prom. (mm de agua)	131.8	118.2	79.1	35.1	159.7	416.1	527.9	492.6	403.1	238.3	131.7	154.1	2887.62
± mm de agua	39.5	56.4	24.5	32.0	38.5	372.6	476.7	439.2	218.5	43.2	25.3	82.8	1624.7

(1) En el año 2013 se observa el fenómeno meteorológico de “La Niña” reflejado en los meses de junio a septiembre.
(2) en el año 2014 durante los meses de julio y junio se presentó un periodo de canícula.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 123. Dimensiones del sistema de primeras aguas

Parámetros				Dimensional
Frente de vivienda	6,8	±	0,34	m
Largo de vivienda	11,4	±	0,57	m
Área de captación	77,52	±	5,48149177	m^2
Área de canaletas	10,49	±	0,74	m^2
Área total	88,01	±	5,53	m^2
Dimensión de tanque interceptor	88,01	±	5,53	L

*1 litro por m^2 para limpieza de área de captación

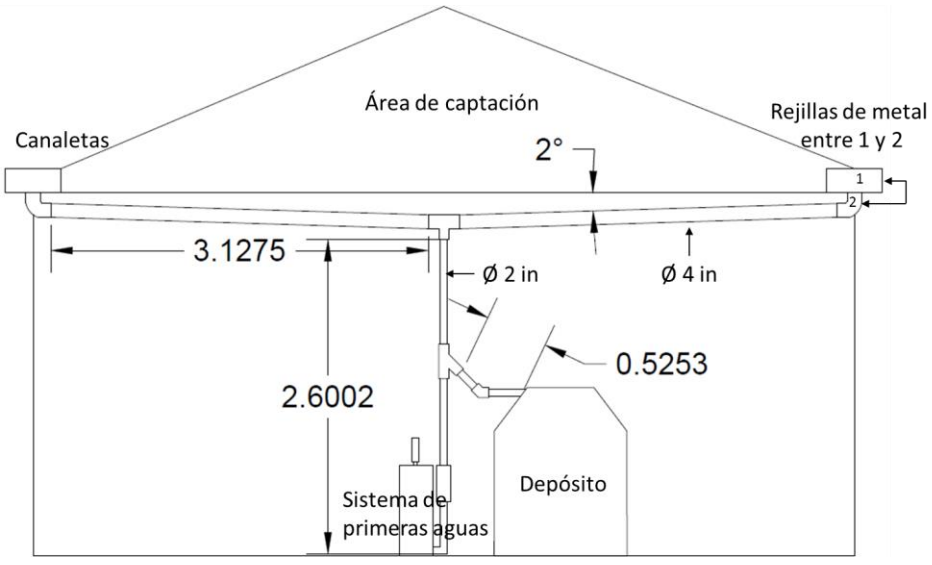
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 124. Dimensiones del sistema de principal de abastecimiento de agua para diferente cantidad de habitantes en vivienda

Personas	Volumen total (m^3)	
4	3.0458 ±	0.07443
5	3.8563 ±	0.07392
6	4.6708 ±	0.07358
7	5.4833 ±	0.07333
8	6.3359 ±	0.07290
9	7.2109 ±	0.07244

Fuente: Elaboración propia

Figura 140. “Dimensiones del sistema”



* Malla intermedia entre canales y tuberías de conexión de 5 mm para evitar que entre suciedad

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 125. Costos del Sistema de captación de agua pluvial.

Personas	Capacidad total requerida (m^3)	Capacidad de depósitos real (m^3)	Arreglo de depósitos	Costo total de depósitos	Costo de tuberías y primeras aguas	Costo total	Costo unitario
4	3.0458	3.000	1 depósito (3000 L)	Q 2,895.95	Q 1,727.68	Q 4,623.63	Q1155.91
5	3.8563	3.600	2 depósitos (1100 L y 2500 L)	Q 3,430.00	Q 1,727.68	Q 5,157.68	Q1031.54
6	4.6708	4.100	2 depósitos (3000L y 1100L)	Q 4,045.95	Q 1,727.68	Q 5,773.63	Q962.27
7	5.4833	5.500	2 depósitos (2500L y 3000L)	Q 5,175.95	Q 1,727.68	Q 6,903.63	Q986.23
8	6.3359	6.450	2 depósitos (3000L)	Q 5,791.90	Q 1,727.68	Q 7,519.58	Q939.95
9	7.2109	7.500	3 depósitos (2500L)	Q 6,840.00	Q 1,727.68	Q 8,567.68	Q951.96
							Promedio
							Q.1004.64 ± Q80.87

* Para ver dimensiones de cada depósito ver Cuadro en el área de cálculos de muestra

Fuente:Elaboración propia

Figura 141. Diseño del sistema de desvío de primeras aguas a escala laboratorio basado en UNATSABAR 2001 con mejoras incluidas

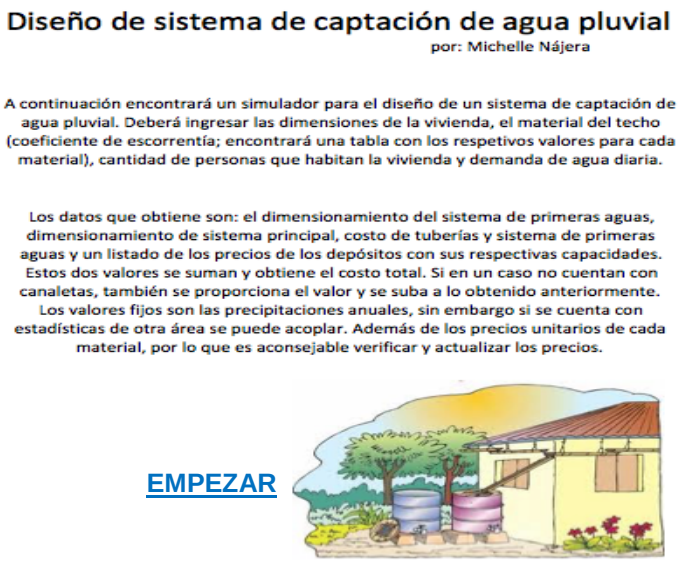
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 126. Costo detallado del sistema de primeras aguas y tuberías.

Accesorio (material PVC)	Cantidad	Precio	Monto
Tubería de 4in	2	Q 180.00	Q 360.00
Tubería de 2in	1	Q 59.00	Q 59.00
Tubería de 1in	1	Q 41.00	Q 41.00
T reductora de 4in a 2in	1	Q 197.00	Q 197.00
Reducción de 4in a 2in	2	Q 83.60	Q 167.20
Reducción de 1in a 1/2in	2	Q 3.90	Q 7.80
Copla de 1in	2	Q 3.80	Q 7.60
Copla de 4in	2	Q 61.50	Q 123.00
Válvula de bola de 1in	1	Q 15.00	Q 15.00
Adaptador macho de 1in	1	Q 5.30	Q 5.30
Adaptador hembra de 1in	1	Q 4.70	Q 4.70
Adaptador macho de 2in	1	Q 10.40	Q 10.40
Adaptador hembra de 2in	1	Q 9.60	Q 9.60
Codo 90° de 4in	2	Q 65.00	Q 130.00
Codo 45° de 2in	1	Q 17.70	Q 17.70
Codo 90° de 2in	1	Q 15.10	Q 15.10
Y con lado de 45° de 2in	1	Q 47.40	Q 47.40
Pegamento PVC	1	Q 15.00	Q 15.00
Yarda de malla metálica de 1cm	1	Q 10.00	Q 10.00
Suela de zapato de 1inx1in	1	Q 26.00	Q 26.00
Pelota de goma	1	Q 1.00	Q 1.00
Pelota de plástico o duroport	1	Q 3.00	Q 3.00
Bomba manual de polipropileno	1	Q 254.88	Q 254.88
Tanque con tapadera y cinturón de primeras aguas de 100 L	1	Q 200.00	Q 200.00
Especificación: Venta mínima de tubería de 6 m		Total	Q 1,727.68

Fuente: Elaboración propia

Figura 142. Portada del diseño de sistema de captación de agua pluvial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 143. Pantalla principal del simulador para el ingreso de datos

LARGO (lado de canaletas)	11.4
ANCHO	6.8
ALTURA	2.5

cantidad de personas en vivienda	6
Demanda diaria en L por persona	20
Material del techo (Coeficiente de escorrentía)	90%

Eficiencia de escurrimiento estimado	Tipo de superficie
90%	Para superficies lisas, impermeables como techos en metal, en teja asfáltica, de concreto, entre otros.
80%	Para superficies en grava o pavimentadas.
60%	Para suelos tratados.
30%	Suelo es su estado natural.

SISTEMA DE PRIMERAS AGUAS

Tanque	88.01	litros
	0.0880	m3

SISTEMA PRINCIPAL

Tanque principal	3696	litros
	3.70	m3

DEPÓSITO PRINCIPAL

Marca	Capacidad en L	Precio
Rotoplast	450	Q 675.00
Rotoplast	750	Q 925.00
Rotoplast	1100	Q 1,150.00
Rotoplast	2500	Q 2,280.00
Talishte	3000	Q 2,895.95

Costo de sistema de tuberías y primeras aguas	Q 1,727.68
Canaletas (dos aguas)	Q 1,743.20

Fuente:Elaboración propia

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

1. Clasificación tipo de influente. En el Cuadro 127 se presentan los resultados químico y microbiológico de los estudios aplicados al agua. Cabe mencionar que se efectuaron cada 3 meses, con el objetivo de clasificar el tipo de fuente y determinar el tratamiento requerido.

Cuadro 127. Tipo de influente

Parámetro	Agua río	Agua lluvia
E. Coli		
Promedio mensual	59	0
Máximo diario	2% sobre 100	0
NMP coliformes/100mL		
Promedio mensual	44	0
Máximo diario	5% sobre 100	0
DQO		
Promedio mg/L	0	0
pH promedio	7	5.2
Cloruros mg/L máx.	6.4	4.7
Color-unidades	54	78
Turbiedad, unidades	5	0

Fuente: Elaboración propia

2. Matriz elección del mejor material filtrante. La matriz abajo presentada se utilizó para cuantificar el material de construcción del filtro para la potabilización del agua. Se ponderó cada uno de los requerimientos más importantes, según la condición económico-social, de la población del caserío “San Agustín”, Morales.

Cuadro 128. Elección del material filtrante del filtro de bastidor vertical por gravedad

Material filtrante	Baja porosidad (2)		Retención sólidos (2)		Espacio vacío a nivel micro (mesoporos) (1)		Aséptico (3)		No produzca reacción química tóxica (3)		Capaz de extraer, color, olor y sabor (3)		Densidad mayor al agua (1)		Disponibilidad (3)		bajo costo (3)		No requiere uso energía eléctrica		Ponderación
Tela filtrante	0	0	3	6	3	3	0	0	1	3	2	6	1	1	1	3	1	3	3	9	34
Ozono	0	0	0	0	3	3	3	9	3	9	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Arena gruesa	1	2	3	6	1	1	2	6	1	3	1	3	3	3	3	9	3	9	3	9	51
Arena fina	2	4	3	6	2	2	3	9	1	3	1	3	3	3	2	6	1	3	3	9	48
Grava	1	2	3	6	0	0	0	0	2	6	1	3	3	3	3	9	2	6	3	9	44
Gravilla	0	0	3	6	0	0	1	3	2	6	1	3	2	2	2	6	1	3	3	9	38

(3) Requerimiento muy importante

(2) Requerimiento importante

(1) Requerimiento normal

Fuente: Elaboración propia

3. Caudal de agua requerido por casa

Cuadro 129. Caudal de agua necesaria por vivienda al día

No. de viviendas	1
habitantes/vivienda	7
consumo agua/habitante (mL)	2000
consumo/vivienda (L)	14
consumo/vivienda (cm3)	14000

Fuente: Elaboración propia

4. Análisis granulométrico. En los cuadros 130 a 135 se presenta el análisis granulométrico de los materiales a granel, arena, grava, gravilla y carbón mineral; que permitiera determinar su tamaño de partícula promedio, tamaño de partícula efectivo y coeficiente de uniformidad

Cuadro 130. Análisis granulométrico grava mayor a 1/2 pulgada

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	1114.133 ± 0.010	83.856 ± 0.000	100.000 ± 0.010
0.595-0.841mm	0.933 ± 0.010	0.070 ± 0.011	16.144 ± 0.164
0.355-0.595mm	0.367 ± 0.010	0.028 ± 0.027	16.074 ± 0.988
0.25-0.355mm	0.633 ± 0.010	0.048 ± 0.016	16.046 ± 0.332
0.177-0.25mm	0.667 ± 0.010	0.050 ± 0.015	15.998 ± 0.300
0.149-0.177mm	0.527 ± 0.010	0.040 ± 0.019	15.948 ± 0.479
<0.177mm	211.367 ± 0.010	15.909 ± 0.000	15.909 ± 0.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 131. Análisis granulométrico gravilla ¼- 1/3 in

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>9.5mm	646.800 ± 0.010	36.962 ± 0.010	100.000 ± 0.000
4.75-9.5mm	1068.300 ± 0.010	61.049 ± 0.010	63.038 ± 0.007
1.7-4.75mm	14.900 ± 0.010	0.851 ± 0.010	1.989 ± 0.014
<1.7mm	19.900 ± 0.010	1.137 ± 0.010	1.137 ± 0.009

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 132. Análisis granulométrico arena de río

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	216.63 ± 0.01	20.73 ± 4.71E-05	100.00 ± 2.27E-06
0.595-0.841mm	150.87 ± 0.01	14.44 ± 6.70E-05	79.27 ± 4.64E-06
0.355-0.595mm	321.87 ± 0.01	30.80 ± 3.25E-05	64.84 ± 1.06E-06
0.25-0.355mm	173.33 ± 0.01	16.59 ± 5.85E-05	34.04 ± 4.15E-06
0.177-0.25mm	110.93 ± 0.01	10.61 ± 9.06E-05	17.45 ± 3.82E-05
0.149-0.177mm	20.27 ± 0.01	1.94 ± 4.94E-04	6.84 ± 2.55E-04
<0.177mm	51.20 ± 0.01	4.90 ± 1.96E-04	4.90 ± 3.99E-05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 133. Análisis granulométrico arena blanca de cerro

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	610.90 ± 0.01	50.72937 ± 0.00002	100.000 ± 4.04E-07
0.595-0.841mm	371.83 ± 0.01	30.87718 ± 0.00003	49.271 ± 8.13E-06
0.355-0.595mm	105.60 ± 0.01	8.76906 ± 0.00010	18.393 ± 1.49E-04
0.25-0.355mm	85.20 ± 0.01	7.07504 ± 0.00012	9.624 ± 1.43E-03
0.177-0.25mm	16.30 ± 0.01	1.35356 ± 0.00061	2.549 ± 3.64E-03
0.149-0.177mm	6.97 ± 0.01	0.57851 ± 0.00144	1.196 ± 4.32E-03
<0.177mm	7.43 ± 0.01	0.61727 ± 0.00135	0.617 ± 2.18E-03

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 134. Análisis granulométrico carbón mineral

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>12.5mm	131.30 ± 0.01	6.88 ± 0.01	100.0000 ± 0.0015
9.5-12.5mm	437.40 ± 0.01	22.91 ± 0.01	93.1224 ± 0.0004
4.75-9.5mm	641.60 ± 0.01	33.61 ± 0.01	70.2111 ± 0.0003
1.7-4.75mm	432.30 ± 0.01	22.64 ± 0.01	36.6036 ± 0.0004
<1.7mm	266.50 ± 0.01	13.96 ± 0.01	13.9595 ± 0.0007

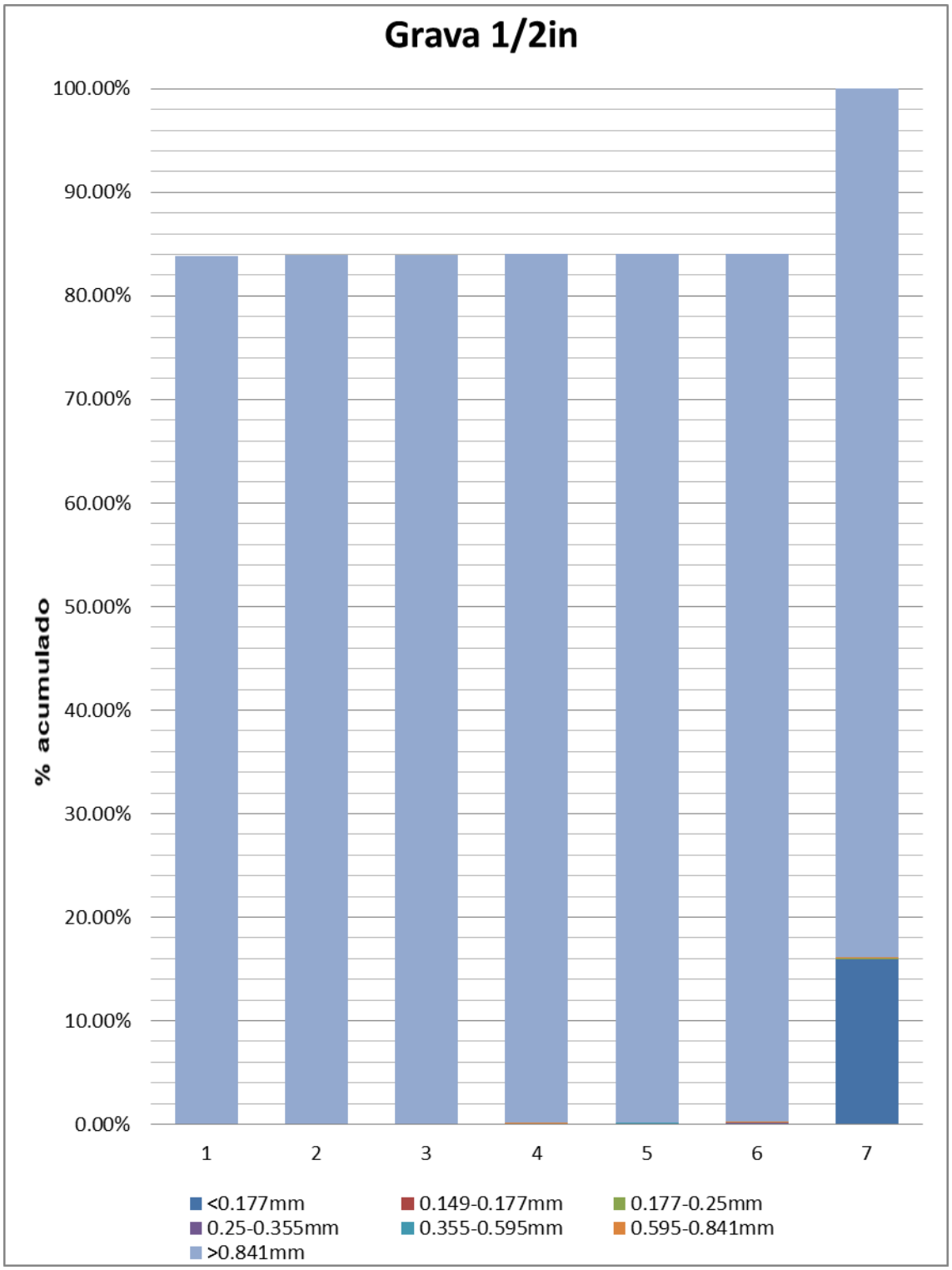
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 135. Análisis granulométrico carbón activado

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	610.90 ± 0.01	0.044 ± 0.00002	100.000 ± 4.04E-07
0.595-0.841mm	371.83 ± 0.01	0.187 ± 0.00003	99.956 ± 8.13E-06
0.355-0.595mm	105.60 ± 0.01	0.231 ± 0.00010	99.769 ± 1.49E-04
0.25-0.355mm	85.20 ± 0.01	0.094 ± 0.00012	99.537 ± 1.43E-03
0.177-0.25mm	16.30 ± 0.01	0.098 ± 0.00061	99.444 ± 3.64E-03
0.149-0.177mm	6.97 ± 0.01	9.695 ± 0.00144	99.345 ± 4.32E-03
<0.177mm	7.43 ± 0.01	89.650 ± 0.00135	89.650 ± 2.18E-03

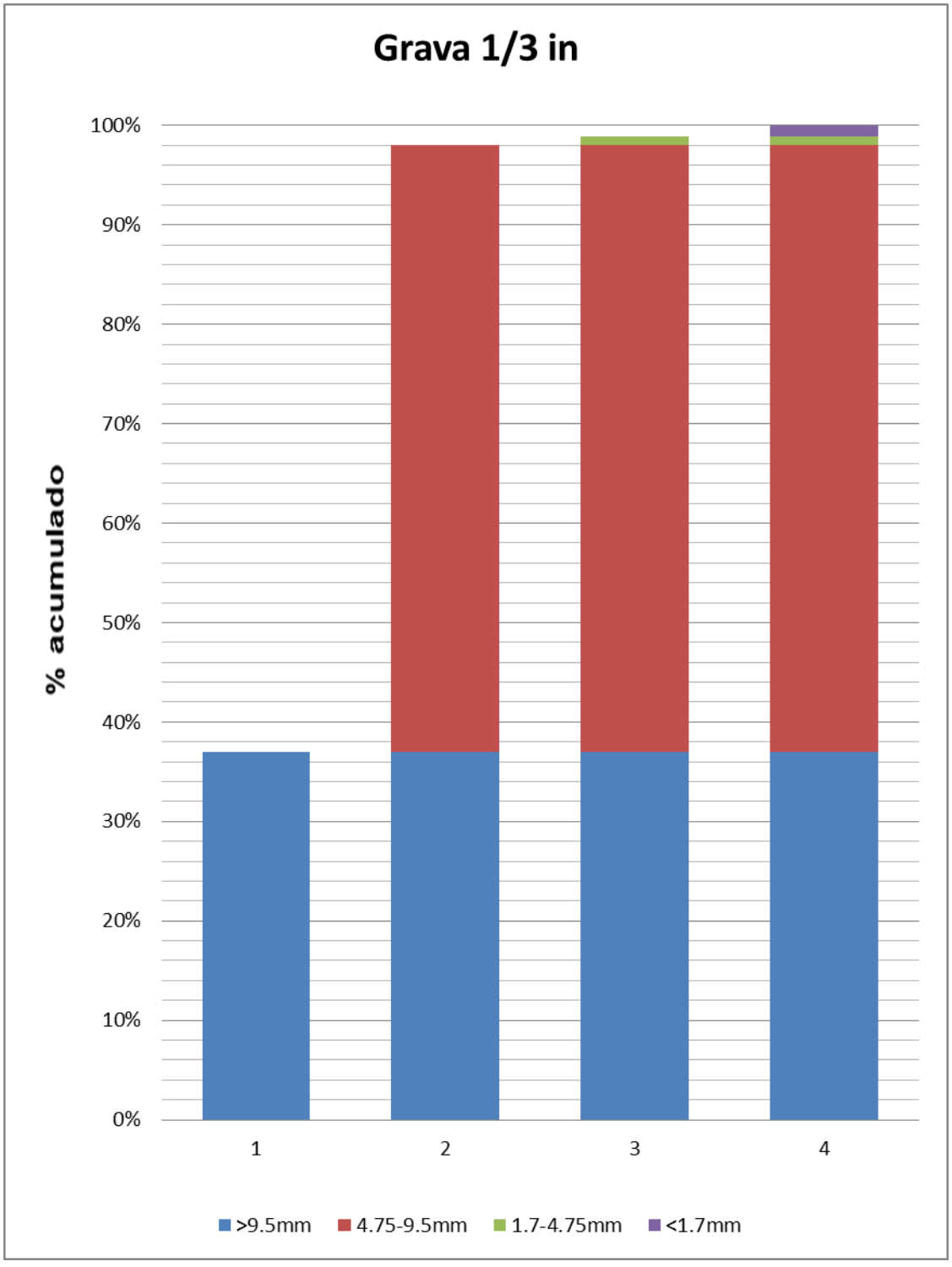
Fuente: Elaboración propia

Figura 144. Curva granulométrica grava mayor a ½ pulgada



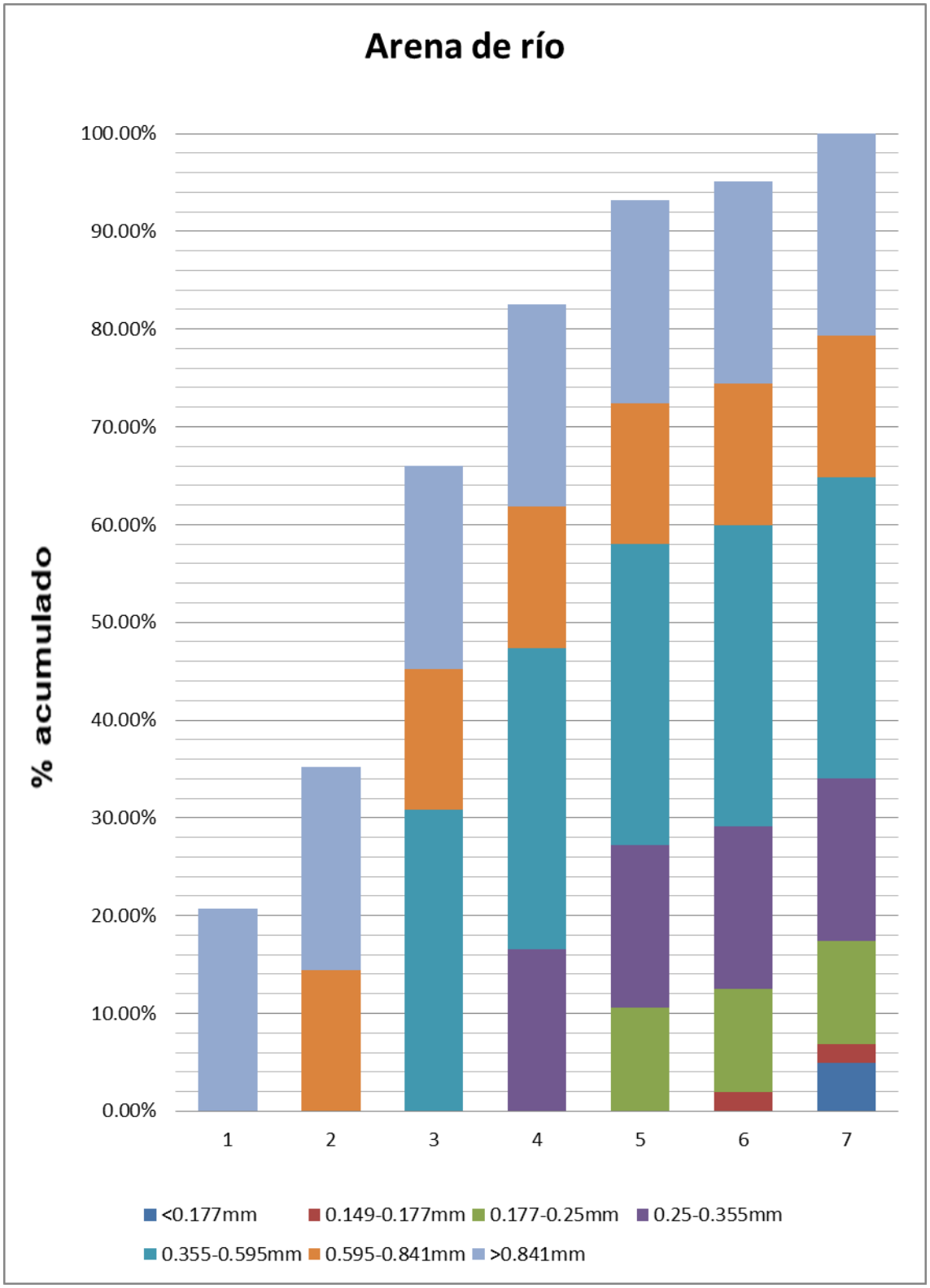
Fuente: Elaboración propia

Figura 145. Curva granulométrica gravilla ¼-1/3 in



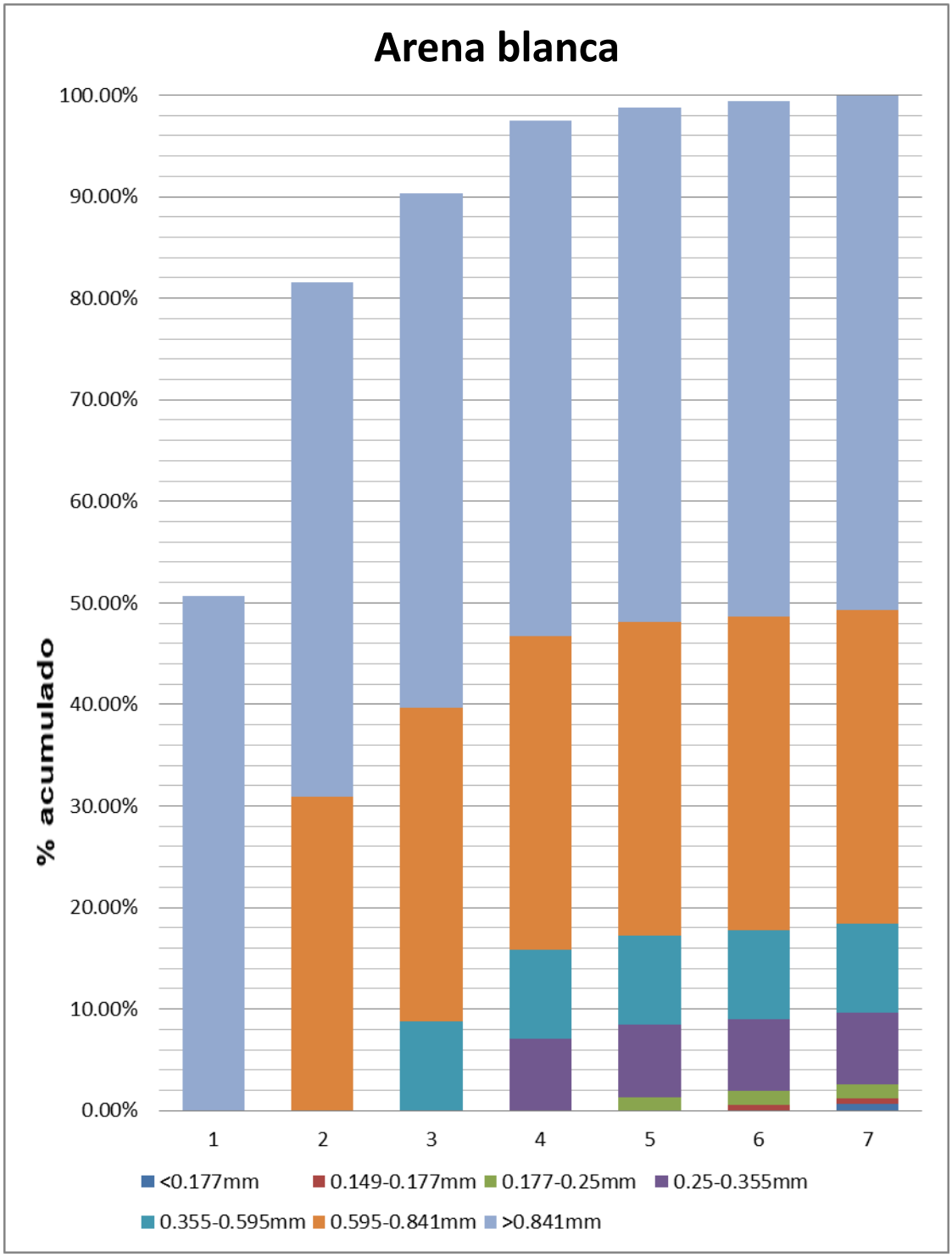
Fuente: Elaboración propia

Figura 146. Curva granulométrica arena de río



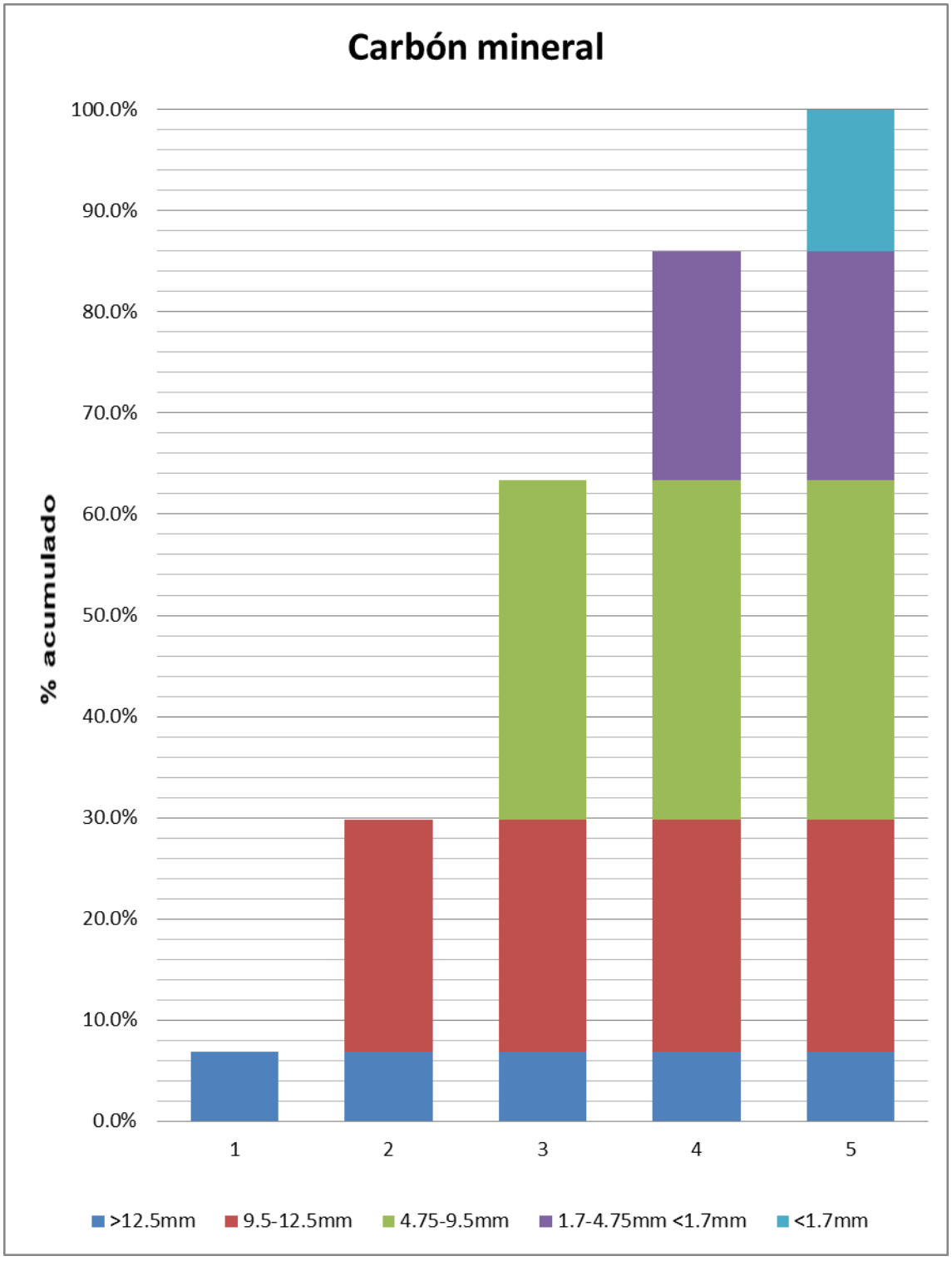
Fuente: Elaboración propia

Figura 147. Curva granulométrica arena blanca de cerro.



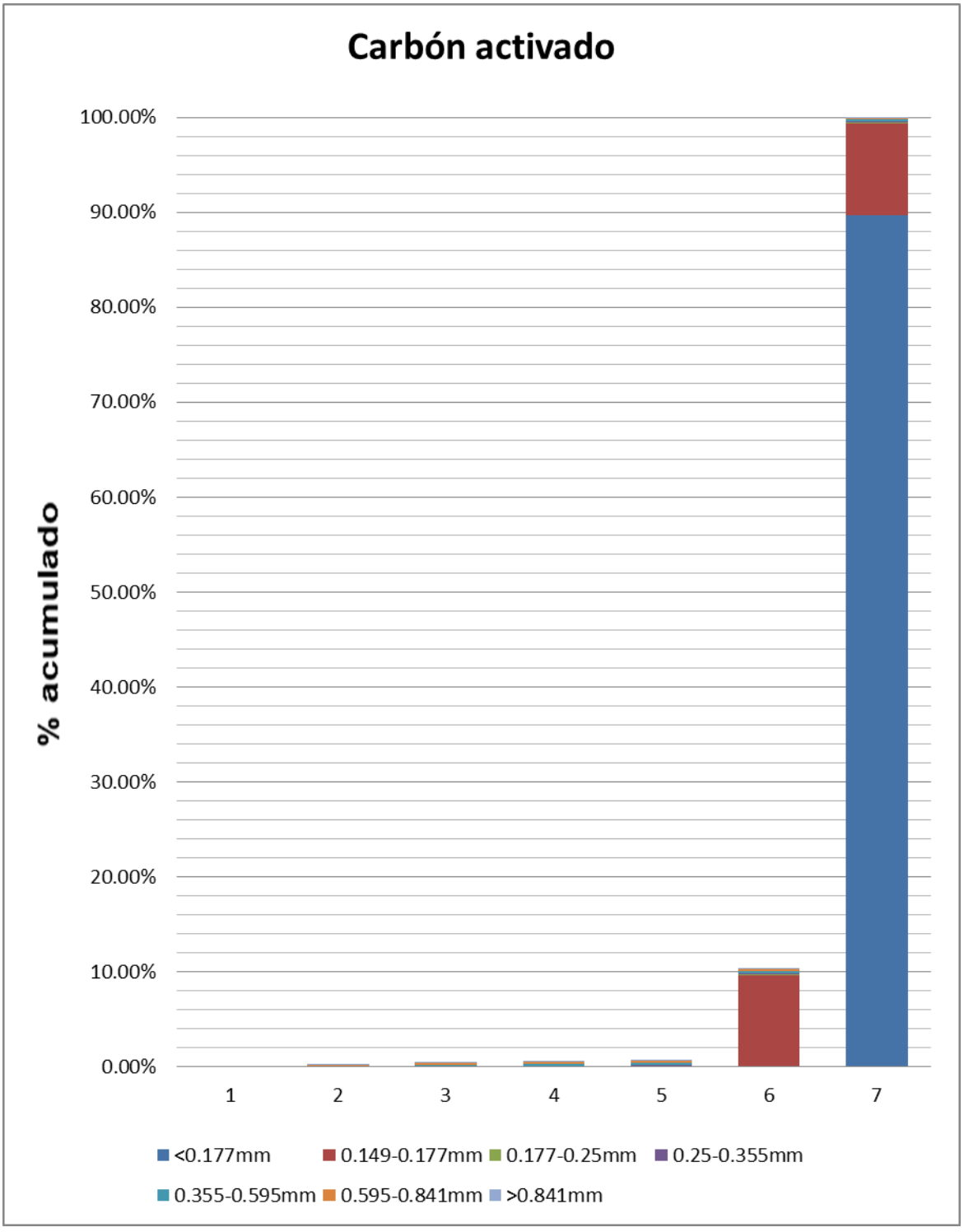
Fuente: Elaboración propia

Figura 148. Curva granulométrica carbón mineral



Fuente: Elaboración propia

Figura 149. Curva granulométrica carbón activado



Fuente: Elaboración propia

5. Caracterización de los materiales de construcción del filtro de bastidores vertical por gravedad.

a. Propiedades tela filtrante

Cuadro 136. Propiedades geotextil PN151250

Característica (unidades)	Resultado
Masa/unidad de area (g/m2)	157
Espesor (mm)	1.63
Permeabilidad (1/s)	2.4
Resistencia a romperse (kPa)	1568
Resistencia UV@ 500 Hrs.(%)	>80
A.O.S. tamaño abertura (µm)	212

Fuente: Elaboración propia

b. Gravedad específica materiales a granel con relación a la densidad del agua (1g/cm^3)

Cuadro 137. Gravedad específica materiales a granel del filtro

Grano	GE Real	σ
Arena blanca	1.83±0.09	0.19
Arena río	1.69±0.08	0.11
Grava	3.07±0.15	0.15
Carbón	0.78±0.04	0.13
Carbón Activado	0.40±0.02	0.04

Fuente: Elaboración propia

GE: gravedad específica con relación a la densidad del agua a 20°C y 1 atm.

c. Características de diseño de materiales a granel

1) Coeficiente de Uniformidad (CU) y tamaño efectivo de la partícula (TE) experimental en comparación al Ideal (teórico)

Cuadro 138. Coeficiente de uniformidad grava

	Real	Error
TE/d10	0.355±0.002	0.05
d60	0.841±0.001	
CU	2.36±0.008	0.8

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

Cuadro 139. Coeficiente de uniformidad gravilla

	Real	Error
TE/d10	9.5±0.0003	0.12
d60	4.75±0.0002	0.25
CU	0.5±0.0002	0.71

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

Cuadro 140. Coeficiente de uniformidad arena blanca de cerro

	Real	Error
TE/d10	0.25±0.0014	0.44
d60	0.595±0.00001	0.08
CU	2.38±0.0034	0.40

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

Cuadro 141. Coeficiente de uniformidad arena de río

	Real	Error
TE/d10	0.17±0.00003	0.61
d60	0.35±0.000001	0.35
CU	2.01±0.0001	0.18

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

Cuadro 142. Coeficiente de uniformidad carbón mineral

	Real	Error
TE/d10	1.70±0.0015	1.43
d60	4.75±0.0003	2.96
CU	2.79±0.0041	0.64

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

Cuadro 143. Coeficiente de uniformidad carbón activado

	Real	Error
TE/d10	0.15±0.1523	0.79
d60	0.18±0.0276	0.85
CU	1.19±0.1839	0.30

Fuente: Elaboración propia

TE: tamaño efectivo de la partícula
d10: diámetro de la partícula con 10% de acumulado según análisis granulométrico
d60: diámetro de la partícula con 60% de acumulado según análisis granulométrico
CU: coeficiente de uniformidad, d10/d60

6. Variación permeabilidad en arena blanca de cerro con relación a la velocidad filtrante. Se determina la altura de agua sobrenadante correspondiente para mantener una velocidad de filtración adecuada, según la ley de Darcy; la cual indica que la diferencia de altura de agua contenida en el filtro es directamente proporcional a la relación entre la velocidad filtrante y la permeabilidad por la altura del lecho de arena.

Cuadro 144. Variación de la altura de agua sucia máxima para una velocidad de filtración ideal para un lecho de 5, 10 y 15 cm de altura de arena.

Vf(cm/s)	L(cm)	H(cm)
0.138	5	7.660±0.05
	10	12.799±0.05
	15	13.852±0.05
0.011	5	0.612±0.05
	10	12.799±0.05
	15	13.852±0.05
0.008	5	0.459±0.05
	10	0.768±0.05
	15	0.831±0.05
0.006	5	0.306±0.05
	10	0.512±0.05
	15	0.554±0.05

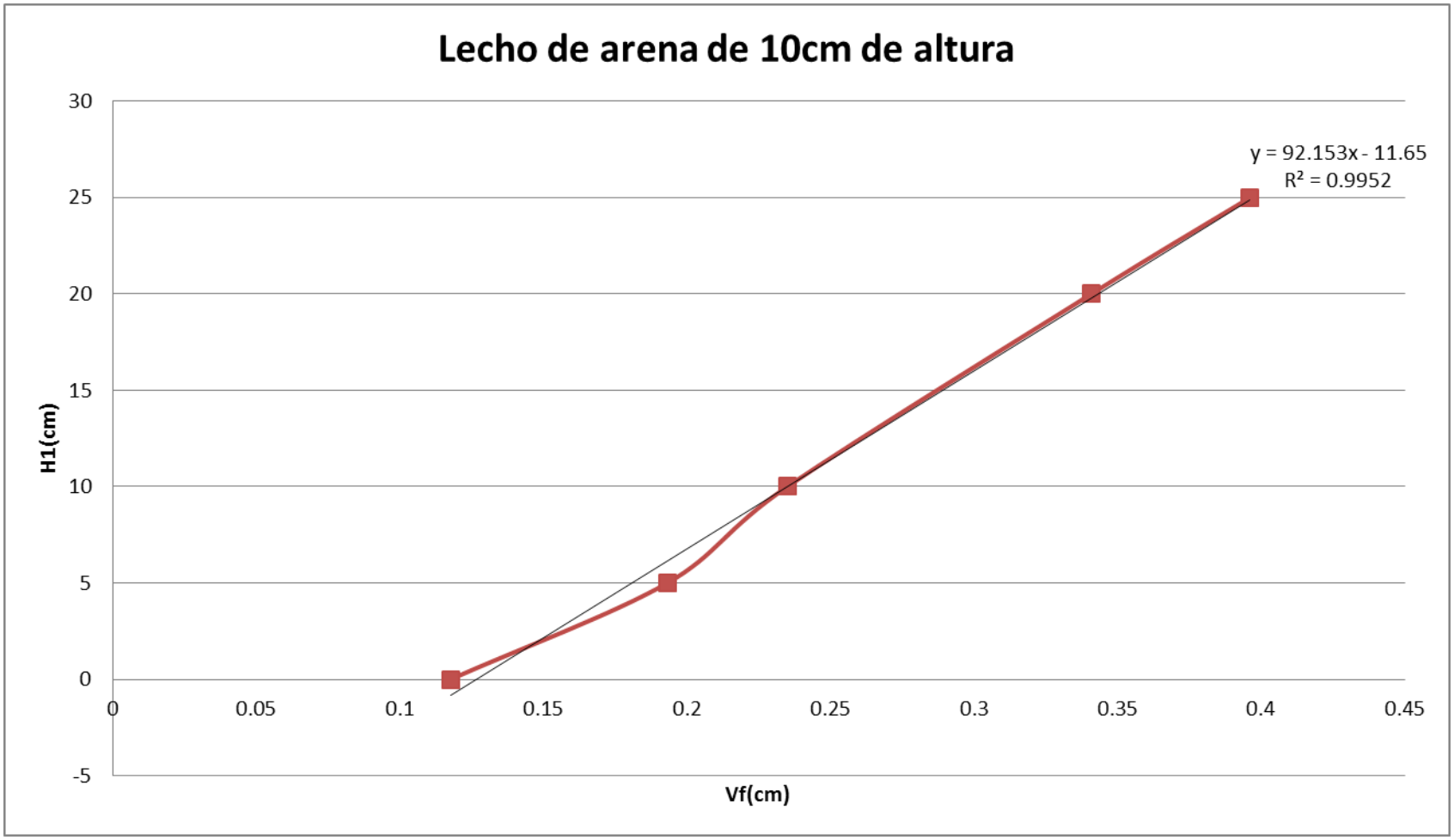
Vf: velocidad lineal filtrante
L: altura del lecho filtrante, arena
H: altura máxima de agua sobre el lecho filtrante

Fuente: Elaboración propia

Figura 150. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho de arena (L) de 5 centímetros

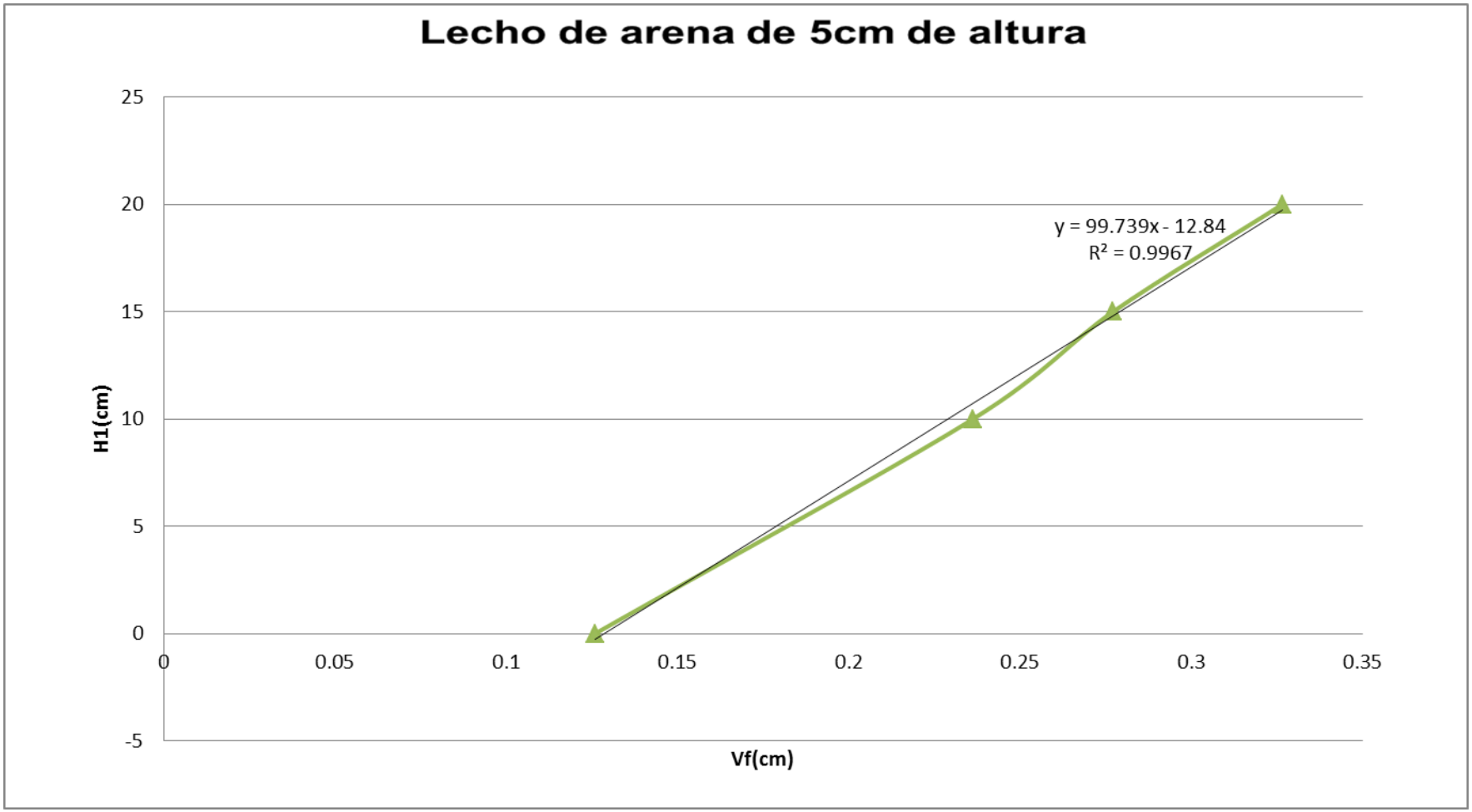
Fuente: Elaboración propia, ver tabla de datos en la sección de anexos

Figura 151. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho de arena (L) de 10 centímetros



Fuente:Elaboración propia, ver tabla de datos en la sección de anexos

Figura 152. Altura agua sobrenadante (H1) para cada velocidad filtrante en un lecho de arena (L) de 15 centímetros



Fuente: Elaboración propia, ver tabla de datos en la sección de anexos.

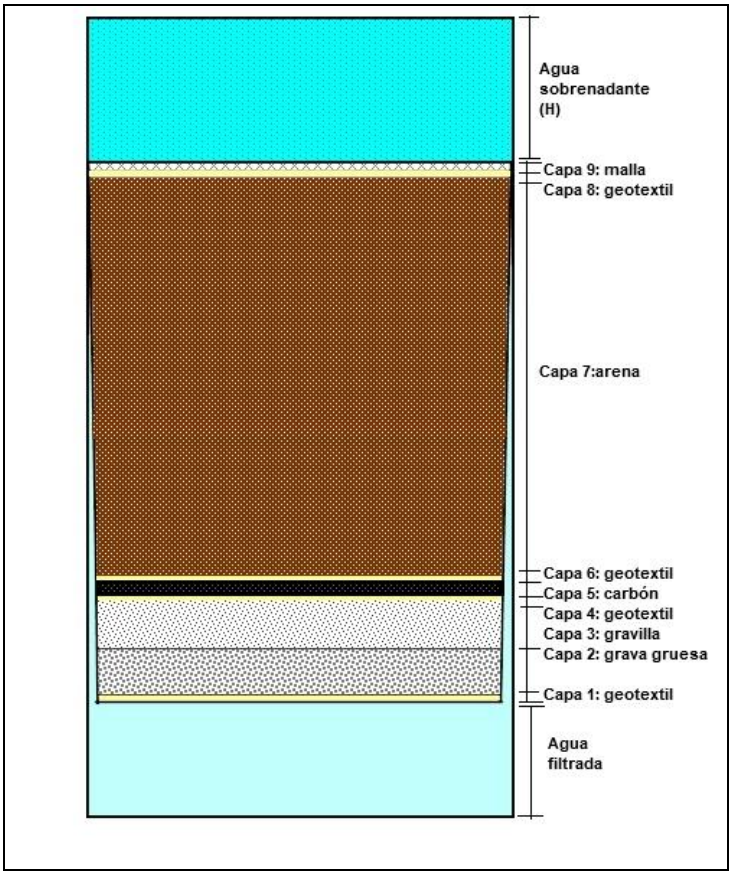
7. Diseño filtro de bastidores vertical por gravedad
   a. Filtro 1: menor altura lecho filtrante y filtro 2: mayor altura lecho filtrante.

Cuadro 145. Diseño filtro 1 y filtro 2

No. Capa	Material	Altura F1 (cm)	Altura F2 (cm)
Capa 1	geotextil PN151250	0.489	0.489
Capa 2	Grava gruesa >1/2 in	2.5	3.5
Capa 3	Gravilla <1/3 in	2.5	3.5
Capa 4	geotextil PN151250	0.326	0.326
Capa 5	carbón activado	2	4
Capa 6	geotextil PN151250	0.326	0.326
Capa 7	Arena blanca de cerro	10	15
Capa 8	geotextil PN151250	0.489	0.489
Capa 9	Malla	0.1	0.1
Agua sobrenadante (H)	Agua a filtrar	8.27	9.27
Altura total	Filtro total	27.00	37.00

Fuente:Elaboración propia

Figura 153. Diseño filtro de arena, grava, tela filtrante y carbón.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 146. Dimensiones filtro completo según el caudal necesario

Dimensiones	Tanque de filtro	Tanque de almacenamiento
Diametro (cm)	25.5	26
Altura (cm)	26	6
Volumen total (cm3)	13278.3	3185.6
Velocidad filtrantión (cm/s)	0.011-0.0028	0.011-0.0028
Caudal filtración(cm3/s)	5.6	5.6
Tiempo filtración (min)	59.43	14.5

Fuente: Elaboración propia

8. Efectividad del filtro 1 y filtro 2. La norma guatemalteca establece que el agua potable debe estar por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) e idealmente, por debajo de los límites máximos aceptables (LMA) para que sea apta para el consumo humano. A continuación se presenta el desglose de las características físicas, químicas, de sustancias orgánicas y microbiológicas.

Cuadro 147. Características físicas

	Iniciales				Filtrado			
Características	Río	Lluvia	Río F1	σ	Río F2	σ	Lluvia F1	σ
Color (u escala platino-cobalto	54	78	0.667	0.54	5.333	2.18	0.0	0.00
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	0.00	No rechazable	0.00	No rechazable	0.00
Turbiedad	5	0	0.000	0.00	5.667	1.91	0.5	0.41
Conductividad eléctrica	89	76	45.000	0.00	45.000	0.00	31.3	2.60
Potencial de hidrógeno	7	5.3	6.833	0.14	7.000	0.00	6.9	0.05
Sólidos totales disueltos	0	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.0	0.00

Fuente:Elaboración propia

Cuadro 148. Características químicas

	Inicial				Filtrada			
Características	Agua lluvia	Agua río	Agua río F1	σ	Agua río F2	σ	Agua lluvia F1	σ
Cloro residual libre[(a)]	0.14	0.04	0	0	0	0	0	0
Cloruro (Cl^-)	4.7	6.4	0	0	0	0	0	0
Dureza Total ($CaCO_3$)	0.06	0.05	0	0	0.2	0.03	0	0
Sulfato ($S0_4^{--}$)	0	0	0	0	0	0	0	0
Cinc (Zn)	1.17	0.4	0	0	0.01	0	0	0
Cobre (Cu)	0.03	0.06	0	0	0.07	0	0	0

Fuente:Elaboración propia

Cuadro 149. Características de sustancias orgánicas

	Iniciales				Filtrada			
Sustancia	Río	Lluvia	Río F1	σ	Río F2	σ	Lluvia	σ
Nitrato (NO_3^-)	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0
Nitrito (NO_2^-)	0.002	0.0004	0	0	0.038	0.182	0	0

Fuente:Elaboración propia

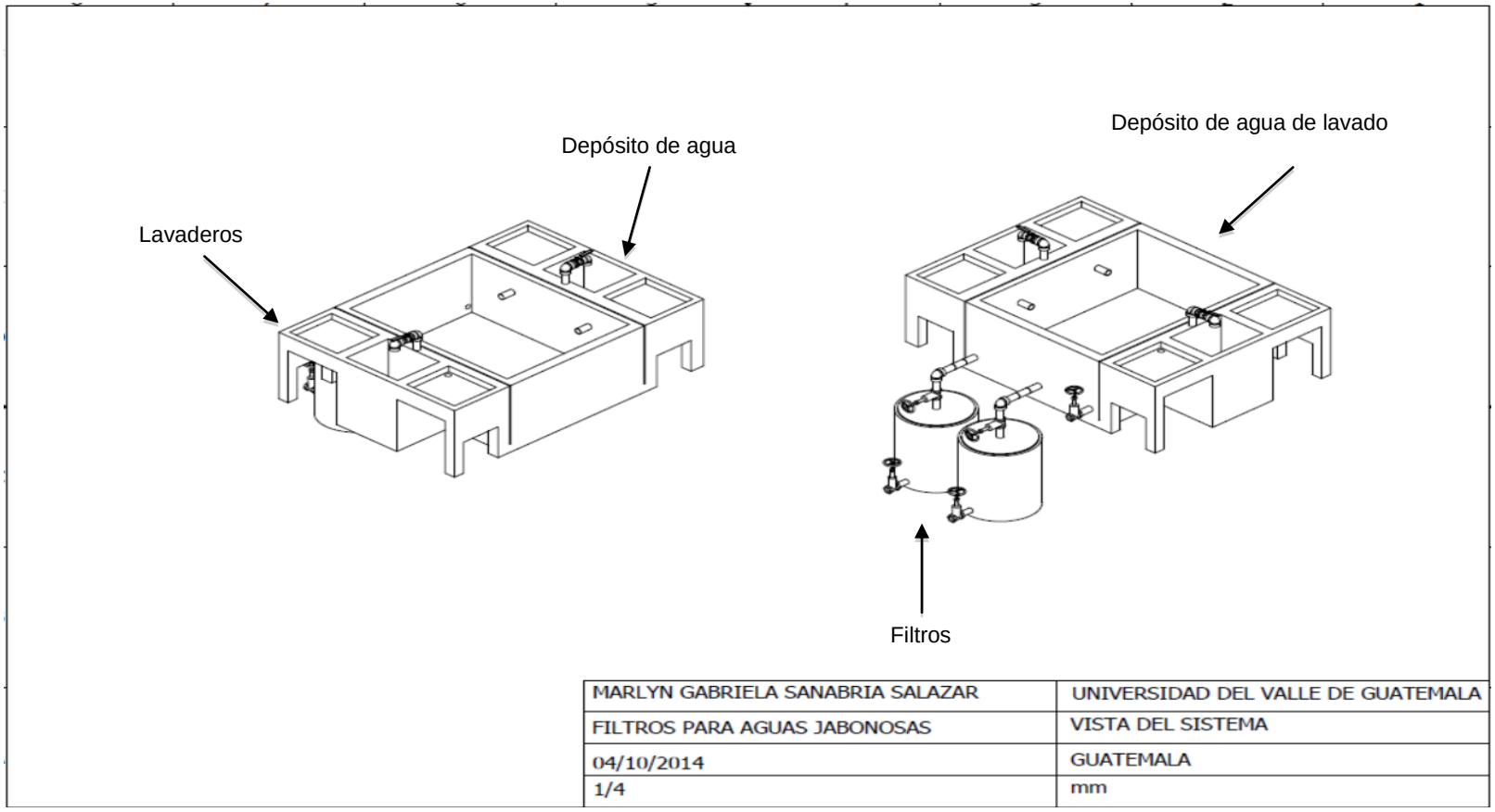
Cuadro 150. Características microbiológicas

	Antes				Filtración		
Microorganismos	Tipo muestreo	Río	F1	σ	F2	σ	
Coliformes totales	directo	44	0.0		0	1	0.8
	1:10	12	0.0		0	0	0
	"1:100"	2	0.0		0	0	0
E. Coli.	directa	59	0.3		0.3	0	0
	1:10	15	0.0		0	0	0
	"1:100"	5	0.0		0	0	0

Fuente:Elaboración propia

F. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

Figura 154. Plano Pre-diseño de sistema de lavado y filtración



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 151. Análisis granulométrico de la arena de río

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	216.63 ± 0.01	20.73 ± 4.71E-05	100.00 ± 2.27E-06
0.595-0.841mm	150.87 ± 0.01	14.44 ± 6.70E-05	79.27 ± 4.64E-06
0.355-0.595mm	321.87 ± 0.01	30.80 ± 3.25E-05	64.84 ± 1.06E-06
0.25-0.355mm	173.33 ± 0.01	16.59 ± 5.85E-05	34.04 ± 4.15E-06
0.177-0.25mm	110.93 ± 0.01	10.61 ± 9.06E-05	17.45 ± 3.82E-05
0.149-0.177mm	20.27 ± 0.01	1.94 ± 4.94E-04	6.84 ± 2.55E-04
<0.177mm	51.20 ± 0.01	4.90 ± 1.96E-04	4.90 ± 3.99E-05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 152. Análisis granulométrico de la arena blanca

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	610.90 ± 0.01	50.72937 ± 0.00002	100.000 ± 4.04E-07
0.595-0.841m	371.83 ± 0.01	30.87718 ± 0.00003	49.271 ± 8.13E-06
0.355-0.595m	105.60 ± 0.01	8.76906 ± 0.00010	18.393 ± 1.49E-04
0.25-0.355mn	85.20 ± 0.01	7.07504 ± 0.00012	9.624 ± 1.43E-03
0.177-0.25mn	16.30 ± 0.01	1.35356 ± 0.00061	2.549 ± 3.64E-03
0.149-0.177m	6.97 ± 0.01	0.57851 ± 0.00144	1.196 ± 4.32E-03
<0.177mm	7.43 ± 0.01	0.61727 ± 0.00135	0.617 ± 2.18E-03

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 153. Análisis granulométrico de grava 1

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>0.841mm	1114.133 ± 0.010	83.856 ± 0.000	100.000 ± 0.010
0.595-0.841mm	0.933 ± 0.010	0.070 ± 0.011	16.144 ± 0.164
0.355-0.595mm	0.367 ± 0.010	0.028 ± 0.027	16.074 ± 0.988
0.25-0.355mm	0.633 ± 0.010	0.048 ± 0.016	16.046 ± 0.332
0.177-0.25mm	0.667 ± 0.010	0.050 ± 0.015	15.998 ± 0.300
0.149-0.177mm	0.527 ± 0.010	0.040 ± 0.019	15.948 ± 0.479
<0.177mm	211.367 ± 0.010	15.909 ± 0.000	15.909 ± 0.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 154. Análisis granulométrico de grava 2

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>9.5mm	646.800 ± 0.010	36.962 ± 0.010	100.000 ± 0.000
4.75-9.5mm	1068.300 ± 0.010	61.049 ± 0.010	63.038 ± 0.007
1.7-4.75mm	14.900 ± 0.010	0.851 ± 0.010	1.989 ± 0.014
<1.7mm	19.900 ± 0.010	1.137 ± 0.010	1.137 ± 0.009

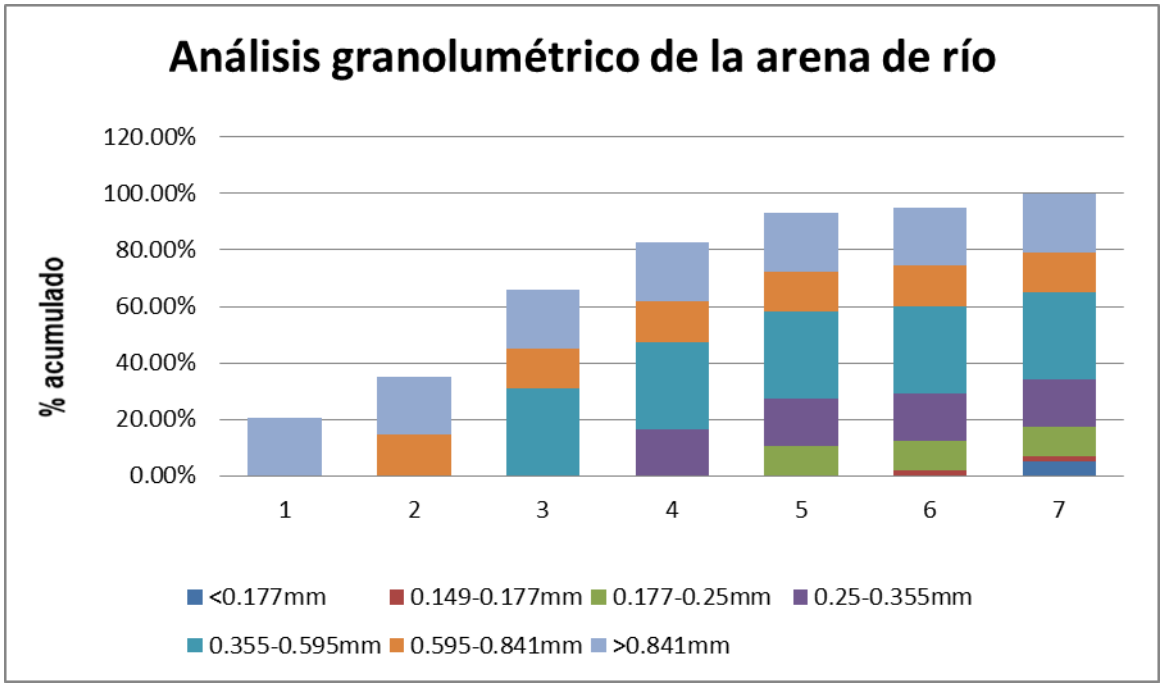
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 155. Análisis granulométrico de carbón vegetal

mm	Retenido (g)	Porcentaje (%)	% Acumulado
>12.5mm	131.30 ± 0.01	6.88 ± 0.01	100.0000 ± 0.0015
9.5-12.5mm	437.40 ± 0.01	22.91 ± 0.01	93.1224 ± 0.0004
4.75-9.5mm	641.60 ± 0.01	33.61 ± 0.01	70.2111 ± 0.0003
1.7-4.75mm	432.30 ± 0.01	22.64 ± 0.01	36.6036 ± 0.0004
<1.7mm	266.50 ± 0.01	13.96 ± 0.01	13.9595 ± 0.0007

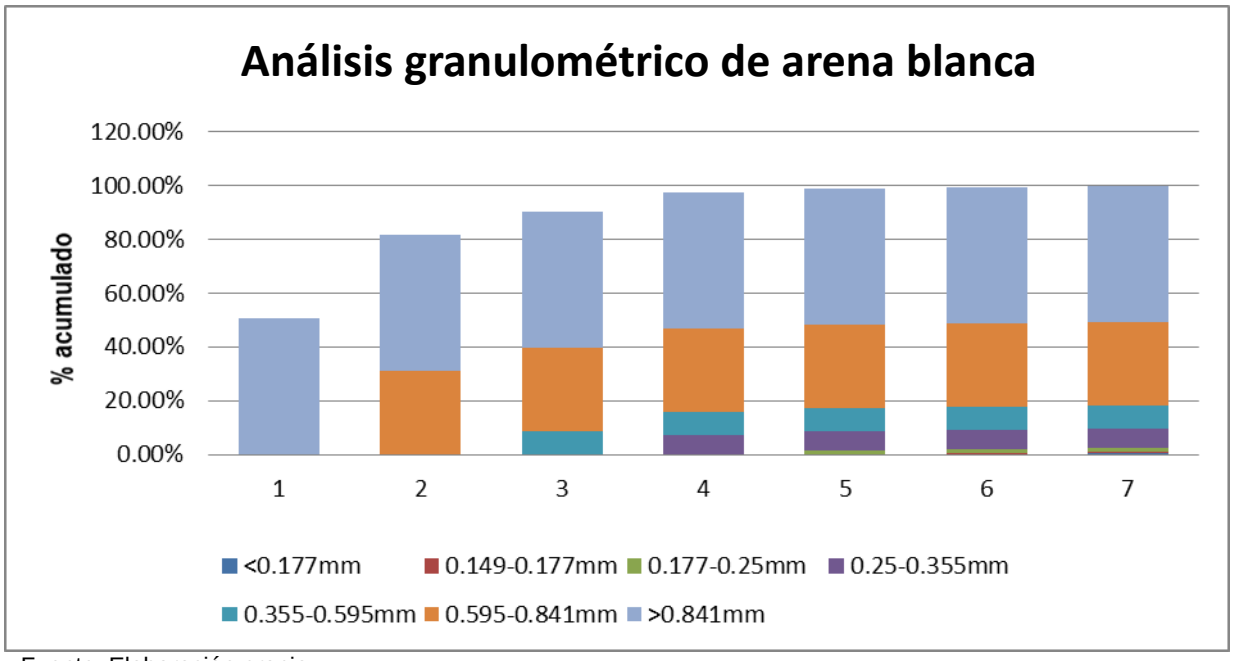
Fuente: Elaboración propia

Figura 155. Gráfico de análisis granulométrico de la arena de río



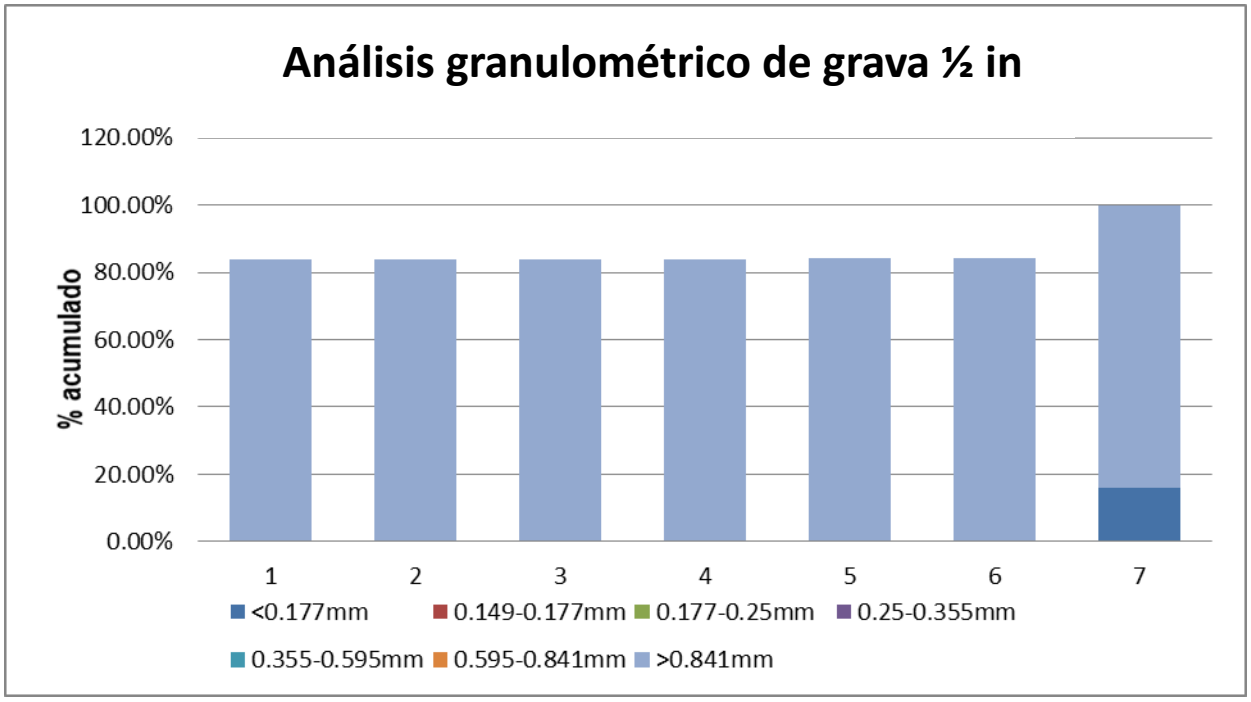
Fuente: Elaboración propia

Figura 156. Gráfico de análisis granulométrico de la arena blanca



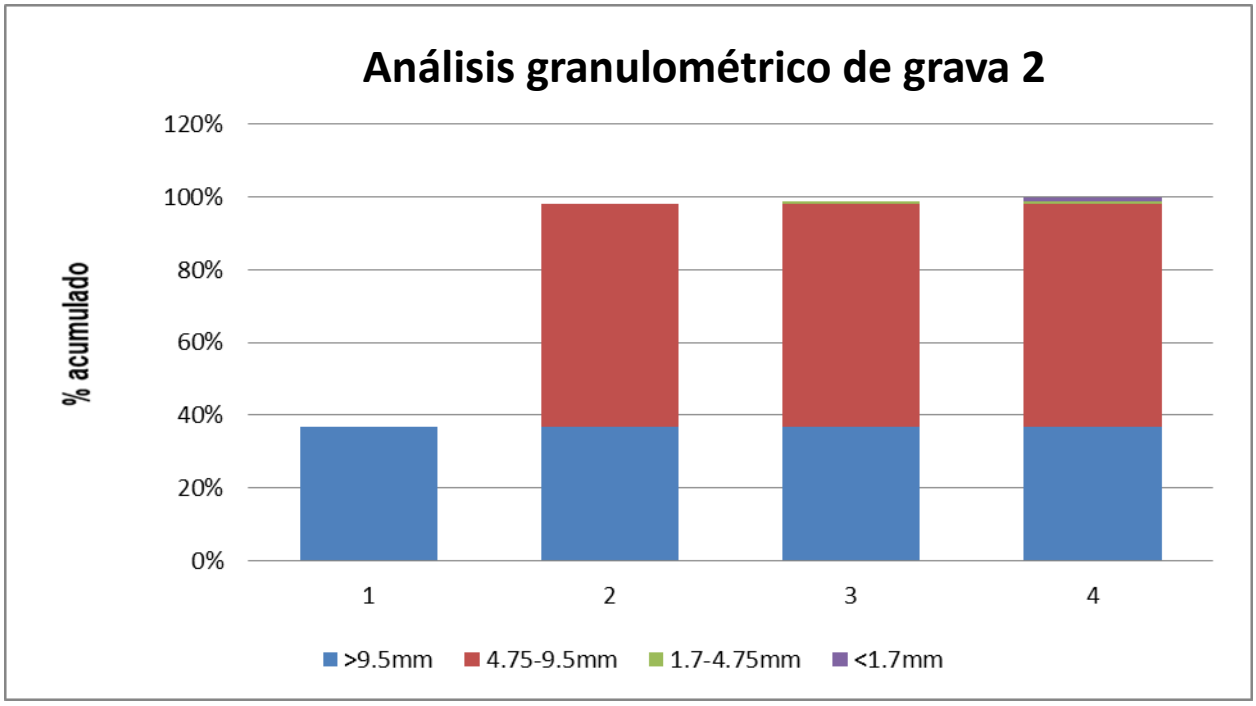
Fuente: Elaboración propia

Figura 157. Gráfico de análisis granulométrico de grava 1



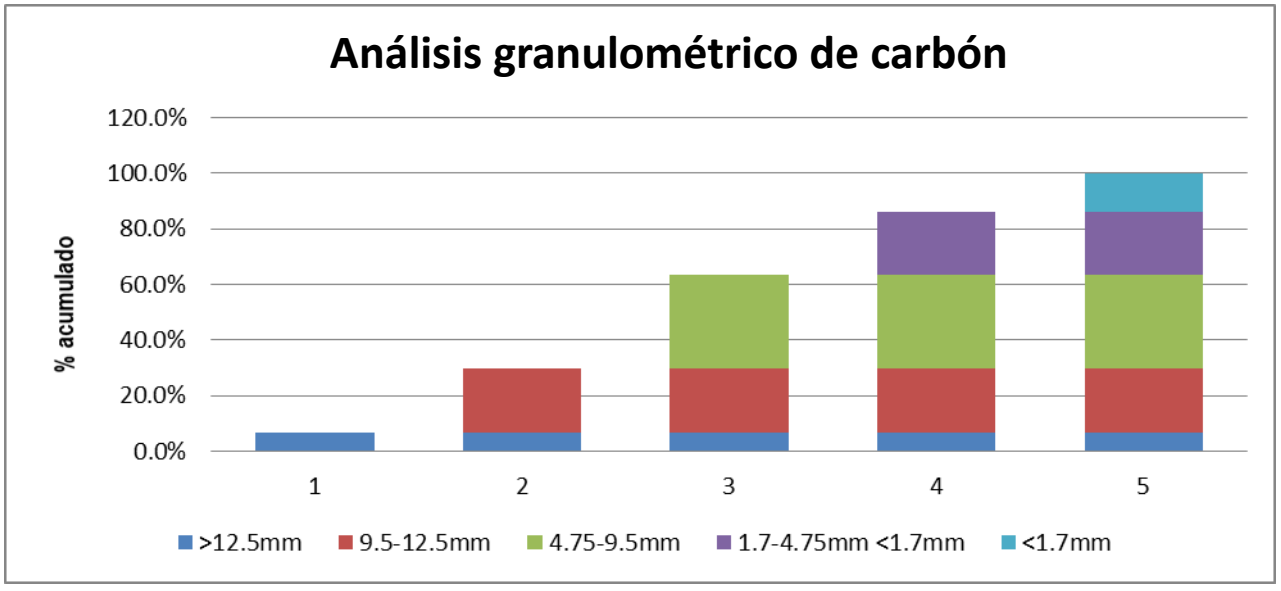
Fuente: Elaboración propia

Figura 158. Gráfico de análisis granulométrico de grava 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 159. Gráfico de análisis granulométrico de carbón vegetal



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 156. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de gravilla con tamaño de partícula 0.355mm

	Agua destilada antes del filtro	Agua destilada después del filtro	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro	% de concentración removido por el filtro
NO3 (ppm)	0.4	0.3	1.2	1.5	-17%
NO2 (ppm)	0.003	0.02	0.196	0.135	22%
PO4 (ppm)	0.6	0.94	2.09	2.5	-36%
SO4 (ppm)	1	5	500	730	-47%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 157. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de carbón vegetal con tamaño de partícula 4.75mm

	Agua destilada antes del filtro	Agua destilada después del filtro	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro	% de concentración removido por el filtro
NO3 (ppm)	0.4	0.2	1.2	2.6	-117%
NO2 (ppm)	0.026	0.027	0.196	0.078	60%
SO4 (ppm)	2	20	500	>275	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 158. Análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de carbón, arena de río y gravilla

	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro de carbón	% de concentración removido por el filtro de carbón	Jabón después de pasarlo por el filtro de gravilla	% de concentración removido por el filtro de carbón	Jabón después de pasarlo por el filtro de arena	% de concentración removido por el filtro de carbón
NO3(ppm)	5.4	0.7	87%	1.5	-114%	1.1	27%
NO2(ppm)	0.217	0.246	-13%	0.138	44%	0.705	-411%
PO4(ppm)	1.33	2.42	-82%	2.75	-14%	2.12	23%
SO4(ppm)	800	600	25%	1200	-100%	300	75%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 159. Comparación entre filtro de arena blanca vs arena de río según la capacidad de filtración de sulfatos y nitritos.

	Concentración de SO4 (ppm)			Concentración de NO2 (ppm)		
	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro de carbón	% de concentración removido por el filtro	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro de carbón	% de concentración removido por el filtro
Primer uso del filtro de arena blanca	1000	10	99%	0.38	0.009	98%
Segundo uso del filtro de arena blanca	1000	95	91%	0.38	0.002	99%
Primer uso del filtro de arena de rio	1000	15	99%	0.38	0.0025	99%
Segundo uso del filtro de arena de rio	1000	800	20%	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 160. Análisis de sulfatos del agua jabonosa pasada por el filtro de grava, arena blanca carbón vegetal de 10,30,20 cm de altura respectivamente.

	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro	% de concentración removido por el filtro de carbón
Primer uso del filtro	560	7	99%
Segundo uso del filtro	560	390	30%
Tercer uso del filtro	560	470	16%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 161. Filtro de arena blanca (15 cm de alto) y carbón vegetal (1 cm de alto) vs arena blanca (15cm de alto) y carbón activado (1 cm de alto) .

	Concentración de SO4		
	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro	% de concentración removido por el filtro de carbón
Filtro de arena con carbón vegetal	150	70	53%
Filtro de arena con carbón activado	150	100	33%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 162. Filtro de arena blanca (15 cm de alto), carbón activado (1 cm de alto) y carbón vegetal (1 cm de alto).

	Concentración de SO4 (ppm)		
	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro de carbón	% de concentración removido por el filtro
Primer uso del filtro	150	7	14%
Segundo uso del filtro	150	59	2%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 163. Análisis de sulfatos de agua jabonosa antes y después de pasarla por el filtro de altura de 20 cm de arena blanca y 6 cm de carbón activado

	Concentración de SO4 (ppm)		
	Muestra de jabón inicial	Jabón después de pasarlo por el filtro de carbón	% de concentración removido por el filtro
Primer uso del filtro	460	59	87%
Segundo uso del filtro	460	290	37%
Tercer uso del filtro	460	330	28%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 164. Filtro lento experimentalmente de arena blanca con velocidad de filtración de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 m/h

Velocidad del fluido (cm/s)	Lecho de arena (cm)	L/K	K(permeabilidad)	Altura H1(cm)	Altura H2(cm)	Altura H(cm)
0.00277	5	55.155	0.091	-5.360	-5.513	0.153
	10	92.153	0.109	-11.394	-11.650	0.256
	15	99.739	0.150	-12.563	-12.840	0.277
0.00555	5	55.155	0.091	-5.207	-5.513	0.306
	10	92.153	0.109	-11.138	-11.650	0.512
	15	99.739	0.150	-12.286	-12.840	0.554
0.00833	5	55.155	0.091	-5.054	-5.513	0.460
	10	92.153	0.109	-10.882	-11.650	0.768
	15	99.739	0.150	-12.009	-12.840	0.831
0.01111	5	55.155	0.091	-4.900	-5.513	0.613
	10	92.153	0.109	-5.257	-5.513	0.256
	15	99.739	0.150	-5.236	-5.513	0.277

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 165. Filtro rápido experimental de arena blanca con velocidad de filtración de 5m/h

Velocidad del fluido (cm/s)	Lecho de arena (cm)	L/K	K(permeabilidad)	Altura H1(cm)	Altura H2(cm)	Altura H(cm)
0.138889	5	55.1554	0.090652955	2.147172222	-5.5133	7.660472222
	10	92.153	0.108515187	1.149027778	-11.65	12.79902778
	15	99.739	0.150392524	1.012638889	-12.84	13.85263889

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 166. Filtro lento teórico de arena blanca

Densidad(kg/m3)	Velocidad(m/s)	Esfericidad	Diámetro de la partícula(m)	Viscosidad(kg/m*s)	Porosidad	ΔP/L ((kg/m*s2)/(m))
997.0244	2.78E-05	0.8300	8.41E-04	8.98E-04	0.4639	22.114
997.0244	5.56E-05	0.8300	8.41E-04	8.98E-04	0.4639	44.248
997.0244	8.33E-05	0.8300	8.41E-04	8.98E-04	0.4639	66.403
997.0244	1.11E-04	0.8300	8.41E-04	8.98E-04	0.4639	88.579

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 167. Filtro lento teórico de arena blanca, con velocidad de filtración de 5 m/h

Densidad (kg/m3)	Velocidad (m/s)	Esfericidad	Diámetro de la partícula (m)	Viscosidad (kg/m*s)	Porosidad	ΔP/L ((kg/m*s2)/(m))
997.0244	1.39E-03	0.8300	8.41E-04	8.98E-04	0.4639	1131.056

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 168. Comparación teórica y experimental de características para filtro lento

		CU	TE
Arena blanca	Ideal	<1.7	0.45-0.55
	Real	2.38	0.25
Arena de río	Real	2.01	0.18
Carbón vegetal	Ideal	<1.7	>0.7mm
	Real	0.367	0.490

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 169. Comparación teórica y experimental de las características para filtro rápido

		CU	TE
Arena blanca	Ideal	<3	0.15-0.35
	Real	2.380	0.250
Arena de río	Real	2.006	0.177

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 170. Densidad relativa de diferentes medios filtrantes

Muestra	Ideal	Real
Arena blanca	>2.5	1.830
Arena río	>2.5	1.692
Grava		3.066
Carbón	>1.4	0.780
Carbón activado	>1.4	0.404

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 171. Área mínima requerida, según la velocidad de flujo y el caudal

Velocidad(m/h)*	Caudal(m^3/h)	Área mínima(m^2)	diámetro(m)
0.1000	0.0499	0.4988	0.7969
0.2000	0.0499	0.2494	0.5635
0.3000	0.0499	0.1663	0.4601
0.4000	0.0499	0.1247	0.3984
5.0000	0.0499	0.0100	0.1127

*(m^3/m^2/h)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 172. Pre-Diseño de filtro elaborado de arena, carbón activado y carbón vegetal

Velocidad (m/h)	Caudal (m^3/h)	Área mínima (m^2)	Diámetro (m)	Materiales
0.2000	0.0499	0.2494	0.5635	0.3 m de arena 0.1m de carbón activado 0.1m de carbón vegetal

Fuente: Elaboración propia

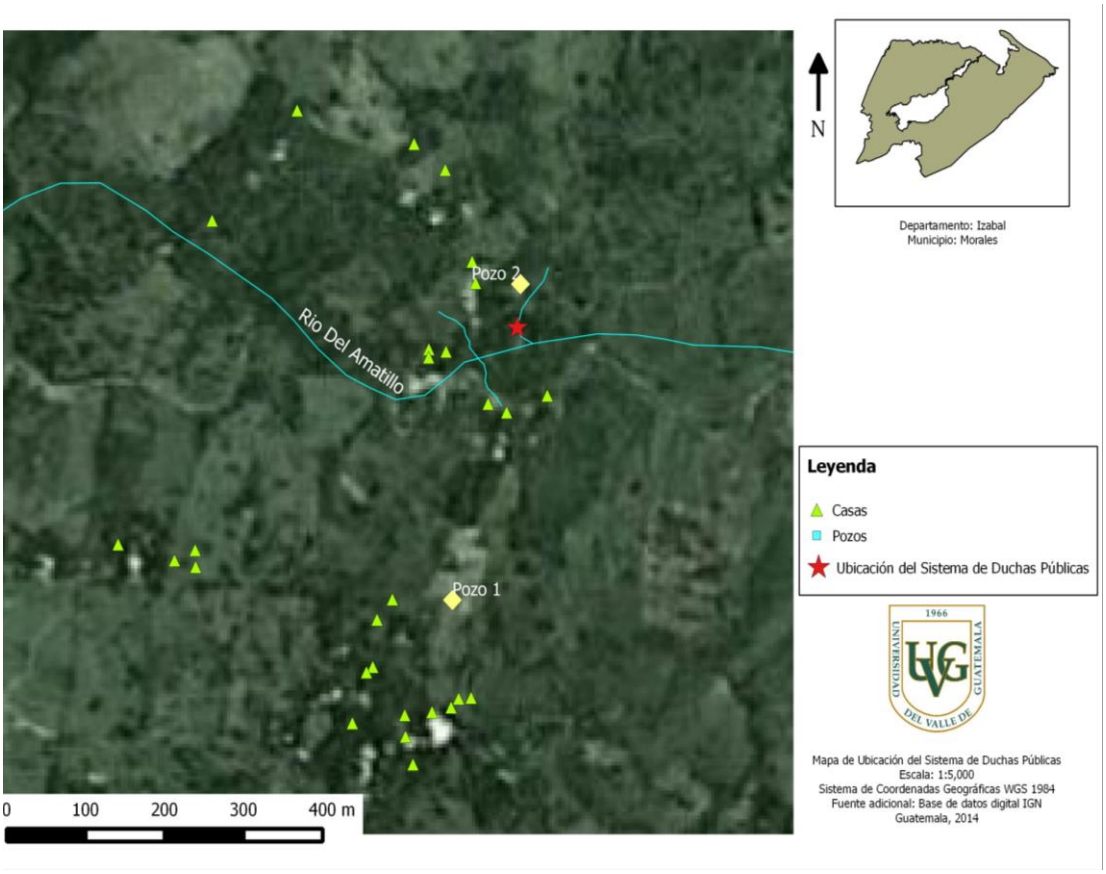
Cuadro 173. Altura de agua sobrenadante y altura de lecho de arena del pre-diseño de filtro

h(cm)	L(cm)
0.1358	30

Fuente: Elaboración propia

G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

Figura 160. Ubicación seleccionada para diseño de duchas públicas en el caserío Cumbre de San Agustín en Morales, Izabal



Fuente: Elaboración propia

*Los triángulos indican las casas de la población del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; el rombo señala la ubicación de los pozos de la comunidad y la estrella indica la localización elegida para el diseño de las duchas públicas.

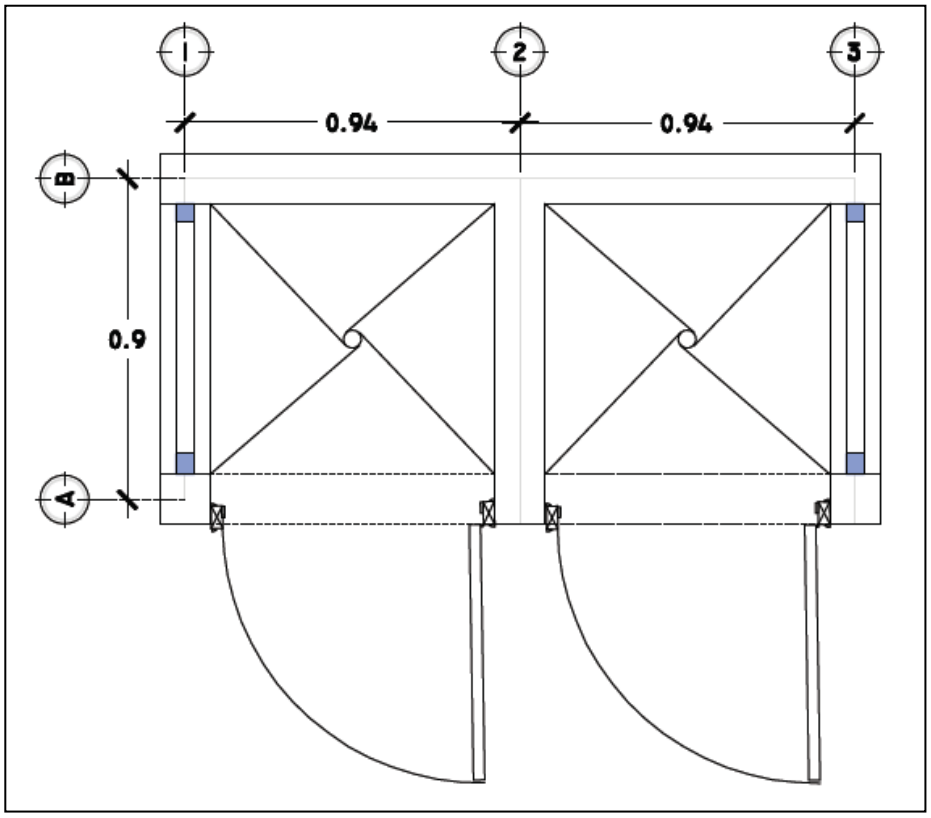
Figura 161. Fotos del lugar seleccionado

a b c

Fuente: Elaboración propia

* a) Vista del acceso al terreno seleccionado. b) Vista del terreno. c) Ramificación del río Amatillo; fuente de suministro de agua.

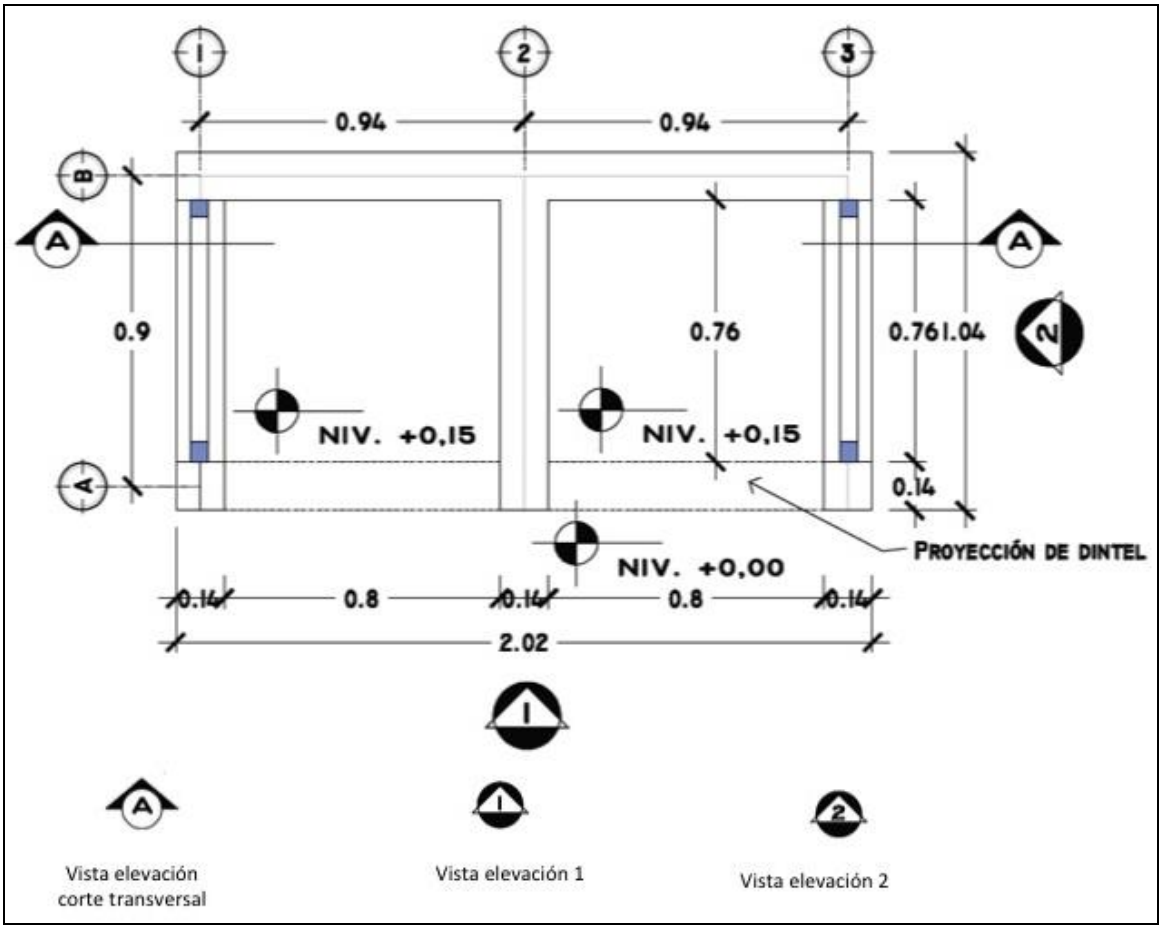
Figura 162. Planta módulo duchas públicas



Fuente: Elaboración propia

*Las medidas están en metros; los números y letras son los ejes del diseño para referencia de ubicación.

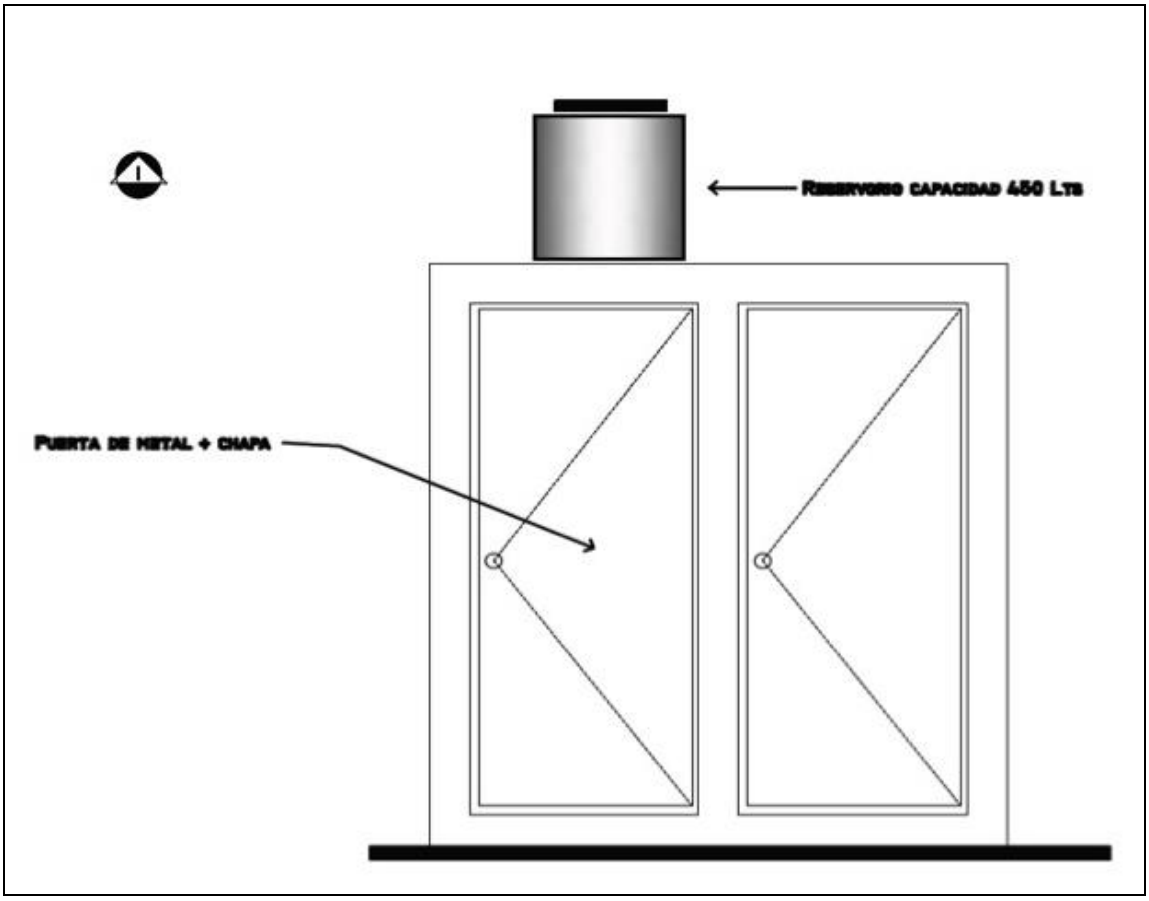
Figura 163. Planta acotada vista interna de las duchas públicas



Fuente: Elaboración propia

* La medida es en metros.

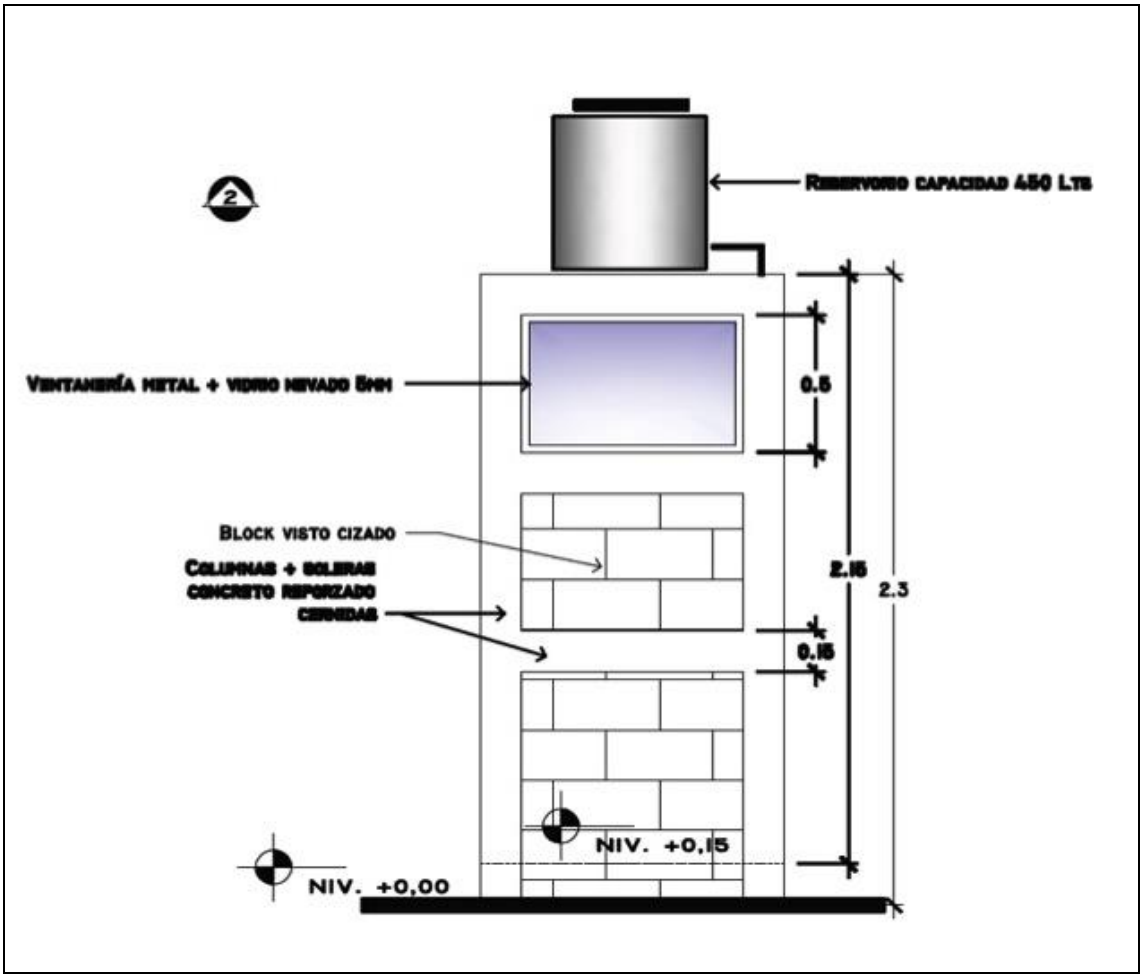
Figura 164. Elevación 1



Fuente: Elaboración propia

*Vista elevación 1 para referencia ver Figura 163

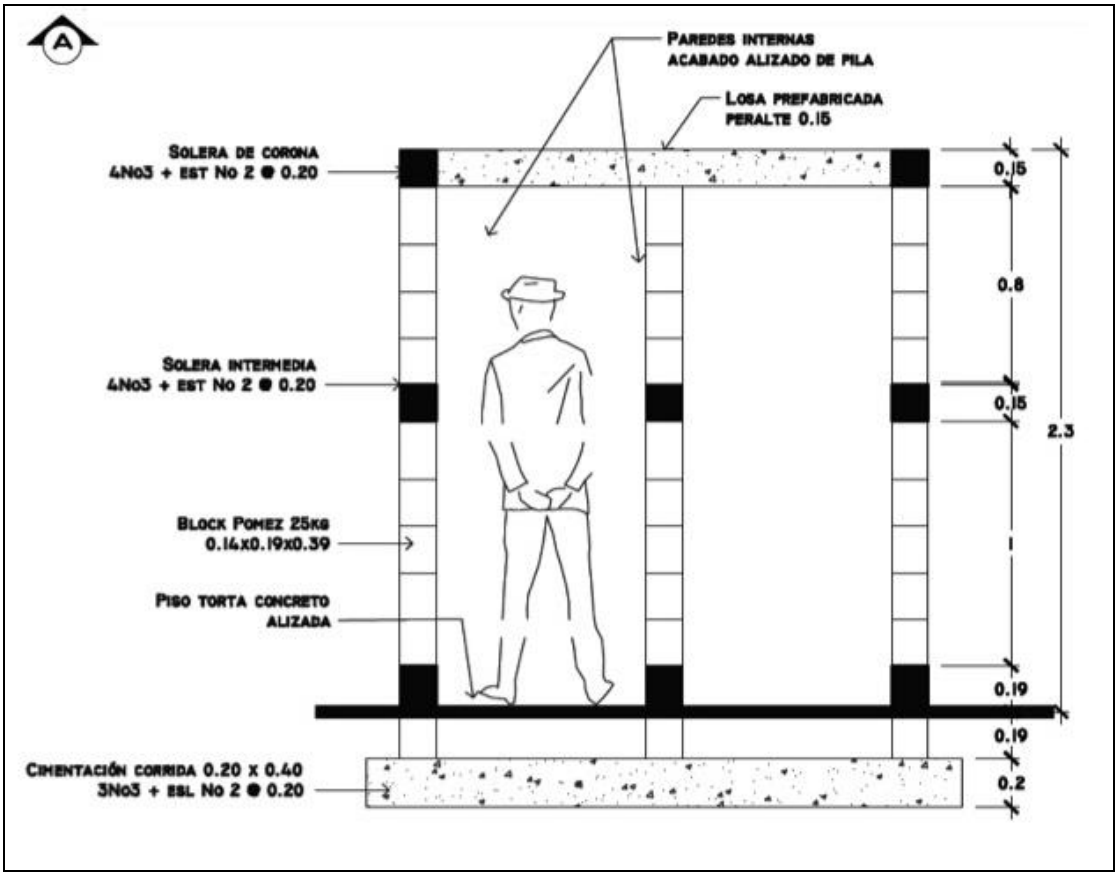
Figura 165. Elevación 2



Fuente: Elaboración propia

*Las medidas están en metros; para referencia ver Figura 163

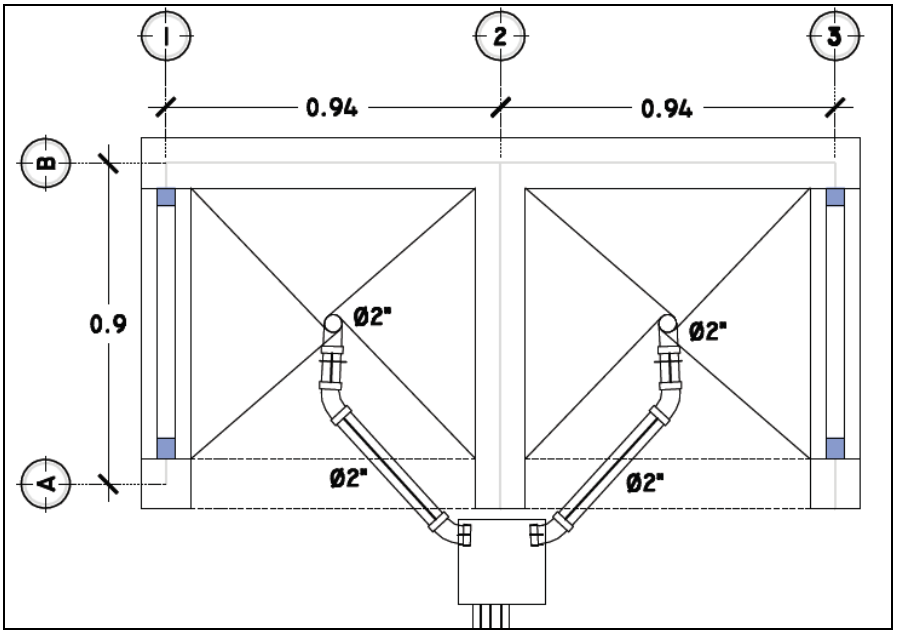
Figura 166. Sección transversal



Fuente: Elaboración propia

*Las medidas están en metros; para referencia ver Figura 163

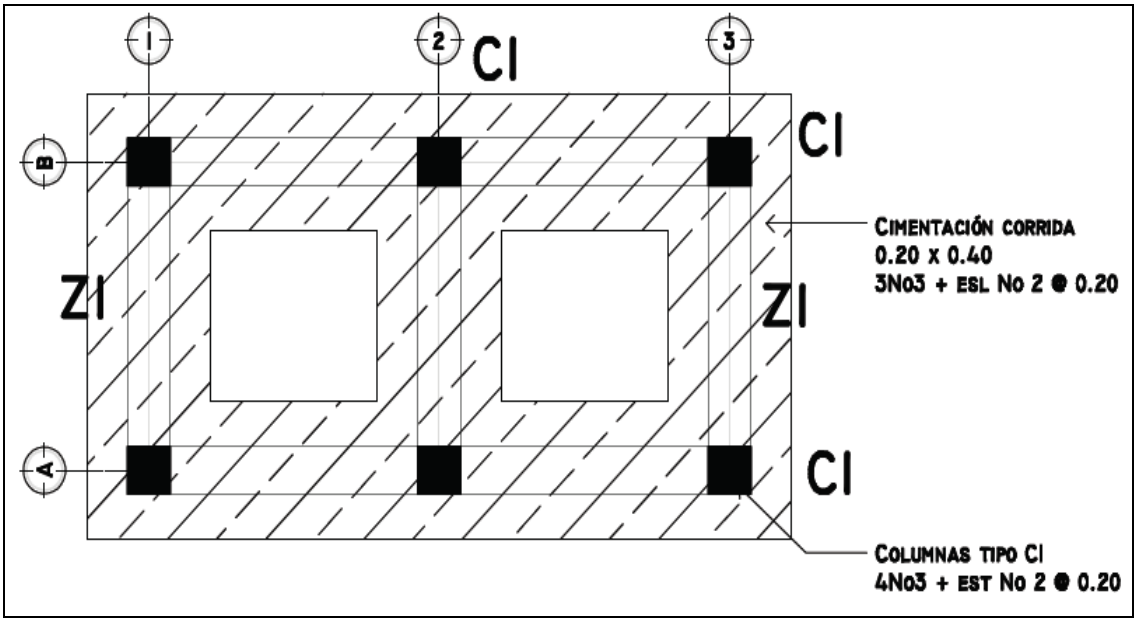
Figura 167. Drenaje de tubería



Fuente: Elaboración propia

*Las medidas están en metros y los diámetros de la tubería en pulgadas

Figura 168. Cimentación y corrida



Fuente: Elaboración propia

*CI: significa columna 1; Z1 significa zapata 1 se refiere a la cimentación.

Cuadro 174. Presupuesto del diseño de las duchas

Presupuesto				
No.	Renglón	Unidad	Costo Unitario	Total
1	Armado y centrado de cimentación	7.20 metro lineal	Q171.41	Q1,234.13
2	Levantado de muros	14.70metro lineal	Q244.68	Q3,596.83
3	Suministro e instalación de puertas	2.00 unidad	Q1,450.00	Q2,900.00
4	Losacero	2.10 m^2	Q548.93	Q1,152.76
5	Piso de concreto	2.10 m^2	Q232.50	Q488.25
6	Suministro e instalación de agua potable	1.00 unidad global	Q2,138.83	Q2,138.83
7	Instalación de tubería para descarga	1.00 unidad global	Q832.00	Q832.00
			Total	Q12,342.81

Fuente: Elaboración propia

*Para referencia del presupuesto ver Cuadros. 281 a 287

Cuadro 175. Presupuesto del material de construcción

Costo del material		
No.	Renglón	Costos
1	Armado y centrado de cimentación	Q880.43
2	Levantado de Muros	Q2,273.83
3	Suministro e instalación de puertas	Q2,400.00
4	Losacero	Q417.76
5	Piso de Concreto	Q271.95
6	Suministro e instalación de agua potable	Q1,224.95
7	Instalación de tuberia para descarga	Q532.00
	Total	Q8,000.92

Fuente: Elaboración propia

*Para referencia del costo del material ver Cuadros 281 a 287

Cuadro 176.Cabeza estática total necesaria para el bombeo de agua

Cabeza estática total			
5.256	mH2O	51,455.570	Pa

Fuente: Elaboración propia

* Para ver referencias de los datos estimados ver Cuadros 288 a 289

Cuadro 177. Potencia de bomba requerida a diferente eficiencia

Potencia	kW	hp
Eficiencia 100%	0.030	0.040
Eficiencia 80%	0.038	0.050
Eficiencia 50%	0.060	0.081
Eficiencia 20%	0.151	0.202
Eficiencia 10%	0.301	0.404

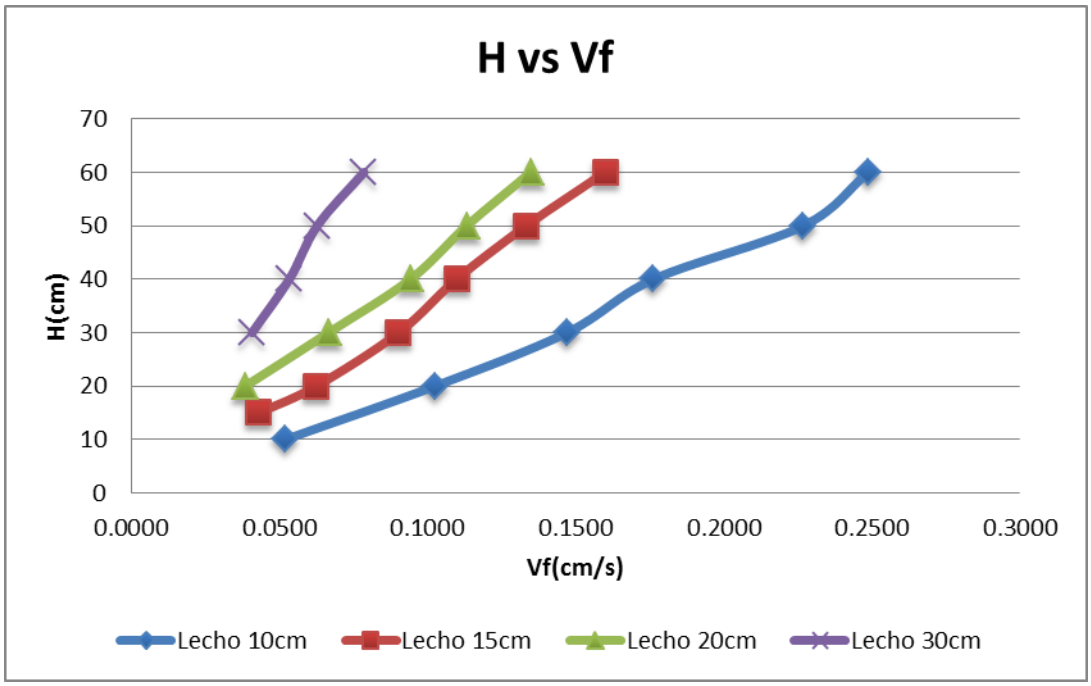
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 178. Detalle de precios de materiales requerido para la construcción del filtro

Material	Precio	Unidad de costo
Gravilla	00.60	Q/kg
Arena	00.40	Q/kg
Carbon Vegetal	3.00	Q/kg
Carbon activado	44.00	Q/kg

Fuente: Elaboración propia

Figura 169. Altura de agua vs velocidad de filtrado para definir la clase de filtro



Fuente: Elaboración propia

*Los lechos es la altura de la cama de arena; para referencia de los datos tabulado ver Cuadro 310

Cuadro 179. Permeabilidad de la arena

Lecho (cm)	±	L/K(s)	±	K(cm/s)	
10	0.05	249.75	0.49	4.00E-02	2.15E-04
15	0.05	398.05	0.30	3.77E-02	1.29E-04
20	0.05	414.73	0.28	4.82E-02	1.25E-04
30	0.05	806.93	0.35	3.72E-02	6.40E-05
K total				4.08E-02	5.12E-03

Fuente: Elaboración propia

*La permeabilidad (K), se obtuvo a partir de la Ley de Darcy; ecuación No. 2.; La permeabilidad total es el promedio de la permeabilidad obtenida por cada altura de lecho; para ver referencia ver Cuadro 310

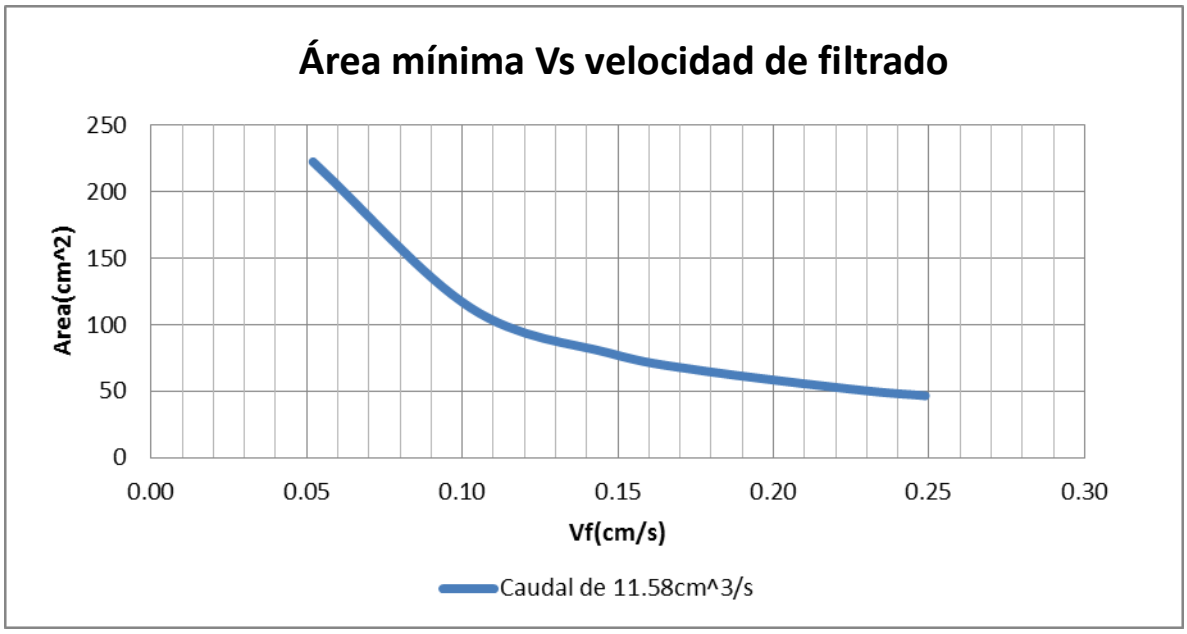
Cuadro 180. Tamaño de partícula del carbón para mantener la velocidad de filtrado

Material	TE(mm)	TE Carbón(mm)	Mesh Tyler TE Carbón	d60% (mm)	Mesh Tyler d60%
Arena_1	0.25	0.5	35	1.495	10
Arena_2	0.18	0.36	40	1.076	16

Fuente: Elaboración propia

* Para ver referencia ver Cuadro 303

Figura 170. Área mínima de filtro



Fuente: Elaboración propia

*Para ver referencia ver Cuadro 312

Cuadro 181. Monitoreo del filtro para observar la saturación

Tiempo(h)	±	SO_4^{-2}(ppm)	±	PO_4^{-3}(ppm)	±	NO_3^{-1}(ppm)	±
0.000	0.01	500	1	2.09	0.01	1.1	0.1
0.317	0.01	100	1	1.46	0.01	0.4	0.1
1.017	0.01	340	1	1.97	0.01	4.7	0.1
1.733	0.01	500	1	2.75	0.01	5.5	0.1
2.000	0.01	580	1	2.75	0.01	5.5	0.1

Fuente: Elaboración propia

*La concentración inicial de la solución a filtrar se representa en el tiempo cero.

Cuadro 182.Comparación de carbón vegetal vs carbón activado en filtros con misma altura de arena.

	Carbón Vegetal	Carbón Activado
	SO_4^{-2} ppm ± 1	
Concentración inicial del detergente	150	150
Blanco (agua)	8	9
Prueba 1 (10 min)	59	100
Prueba 2 (30 min)	70	X>100
Turbidez	si	no
Presencia de burbujas	si	no
Olor	no	no

Fuente: Elaboración propia

*Prueba para comparar dos materiales distintos.

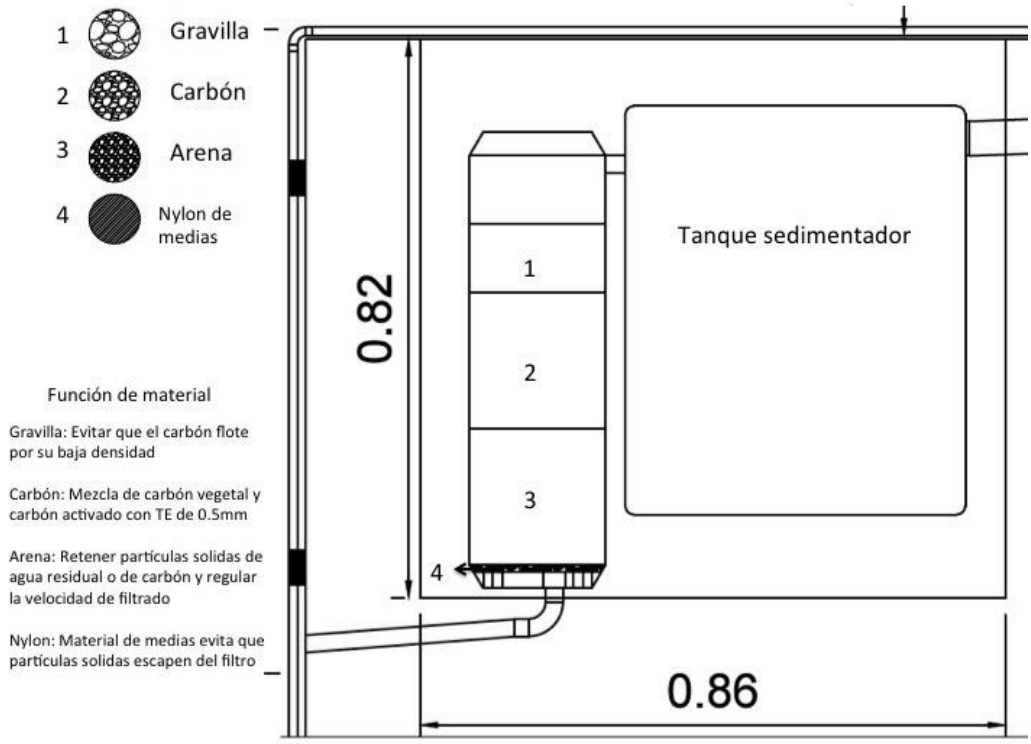
Cuadro 183. Monitoreo de filtro con mezcla de carbón activado y carbón vegetal.

Tiempo (s)	Concentración SO_4^{-2}(ppm± 1)
0	150
70	6
549	17
1138	13
1252	20

Fuente: Elaboración propia

* La mezcla de carbón se realizo agregando al filtro una altura de lecho de un centímetro de carbón activado y un centímetro de carbón vegetal en un filtro con diámetro de 10.59 ± 0.05 cm.

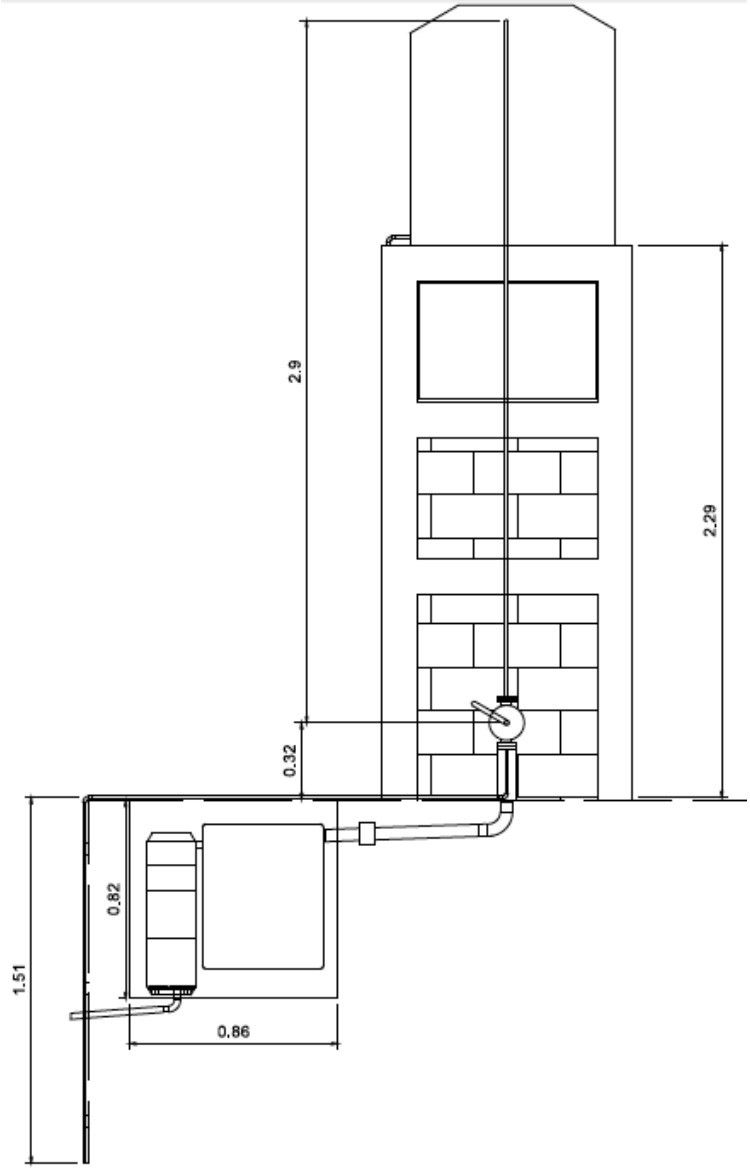
Figura 171. Propuesta de sistema de tratamiento de aguas



Fuente: Elaboración propia

* Diagrama de propuesta de filtro; las medidas del cuarto de filtro están en metros; tamaño efectivo de partícula (TE).

Figura 172. Diagrama de diseño final del módulo



Fuente: Elaboración propia

* Diagrama del diseño del módulo, las medidas se encuentra en metros

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

1. Parámetros de diseño

a. Disponibilidad de agua: La comunidad actualmente hace uso de la quebrada del río Amatillo, de algunos pozos de vertedero y de la captación de lluvia para abastecerse de agua. Este proyecto plantea innovar el la técnica de captación de agua de lluvia, para que los pobladores cuenten con un sistema de tratamiento antes de consumirla.

Debido a la topografía del terreno, y la ausencia del servicio de luz eléctrica, también es posible proponer un sistema de abastecimiento por gravedad, para aprovechar la fuente de brote. Para esto se aforó un nacimiento, del cual se obtuvo los siguientes caudales disponibles.

Cuadro 184. Aforo de la fuente de agua durante la época seca y lluviosa

Período de aforo		Diciembre, 2013	Marzo, 2014
Tiempo de llenado (s)	t_1	5.7	12.8
	t_2	5.8	12.5
	t_3	5.6	12.6
	Tiempo promedio (s)	**5.70**	**12.63**
Volumen (L)		**24.74**	**24.74**
Caudal promedio (L/s)		**4.34**	**1.96**

Fuente: Elaboración propia

Figura 173. Aforo de la fuente de agua

Fuente: Elaboración propia

b. Demanda del servicio. Para el diseño de la línea de conducción, el tanque de almacenamiento para la distribución, y la red de distribución se estimó la población a servir al final del período del diseño. Se calculó con base en los métodos aritmético y geométrico, y en los parámetros obtenidos a partir del censo de 2011, del Plan Internacional y del censo realizado para el megaproyecto, en 2014.

Cuadro 185. Datos de la población y servicios actuales

Descripción	Valor
Año de censo	2014
Viviendas actuales (viv)	30
Población actual (habitantes)	190
Densidad de vivienda (hab/viv)	6
Escuelas	1
Iglesias	1

Fuente: Elaboración propia, con base en registros de Plan Internacional (2011)

Cuadro 186. Parámetros utilizados para la estimación de la población futura

Año censo 1	2011
Año censo 2	2014
Habitantes censo 1	179
Habitantes censo 2	190
R:	2.0%
k:	3.67

Fuente: Elaboración propia, con base en registros del Plan Internacional (2011).

Cuadro 187. Cálculo de la población futura a servir con base en el método geométrico

Descripción	Valor
Período de diseño (años)	25
Tasa de crecimiento geométrico	3%
Población futura	398
Año de período de diseño	2039

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 188. Cálculo de la población futura a servir con base en el método aritmético

Descripción	Valor
Período de diseño (años)	25
Pendiente "k"	3.67
Población futura	282
Año de período de diseño	2039

Fuente: Elaboración propia

A pesar que el valor de la tasa de crecimiento geométrico calculada fue de un 2%, se utilizó en el diseño un valor correspondiente al 3% porque se estimó que el crecimiento podría verse acelerado con la introducción del sistema de abastecimiento de agua potable. Además, éste es el valor que el INE le asigna al municipio de Morales como tasa de crecimiento poblacional.

Con base en estos datos y en las características de la comunidad que se establecieron en la investigación monográfica, tales como el clima cálido y la necesidad de riego de las cosechas, se establecieron los siguientes caudales de diseño. Se utilizaron para ello, los factores más críticos en cuanto a la demanda y consumo de agua.

Cuadro 189. Cálculo de caudales de diseño para consumo de agua en la línea de conducción.

Descripción	Cantidad	Unidades
Dotación adoptada para población	150	L/hab/día
Dotación para escuela	750	L/día
Dotación para iglesia /Salón comunal	750	L/día
Dotación para riego de plantación	1500	L/día
Caudal medio población	59,672.67	L/día
Caudal medio escuela	750	L/día
Caudal medio iglesia	750	L/día
Caudal medio para riego de plantación	1500	L/día
Caudal medio total	62,672.67	L/día
	0.73	L/s
Factor máximo diario k_1	1.5	
Caudal día máximo	1.09	L/s
Factor de hora máximo k_2	3	
Porcentaje de almacenamiento	30%	Q_{medio}
Volumen del tanque de distribución	18.80	m^3
Volumen del tanque elevado	46.13	m^3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 190. Cálculo de caudales de diseño para las líneas de distribución

Número de línea de distribución	#1	#1.1	#2	#2.1	#3	#4
Descripción	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Estación inicio-final	E-60 a E-99	E-99 a E-108	E-60 a E-65	E-65 a E-87	E-65 a E-71	E-99 a E-102
Caudal por tipo de conexión predial.	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Número de conexiones actuales.	17	4	12	10	2	4
Número de conexiones futuras.	36	8	25	21	4	8
Caudal de uso simultáneo (L/s)	0.89	0.40	0.73	0.67	0.26	0.40
Caudal de hora máximo (L/s)	1.78	0.39	1.18	0.98	0.20	0.39
Caudal a utilizar para la distribución (L/s)	1.78	0.40	1.18	0.98	0.26	0.40

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 191. Cálculo de diámetros de tubería en la línea de conducción.

Tramo		Longitud horizontal (m)	Cota del terreno		hf (m)	Caudal Q (L/s)	Material	C	∅ Nominal propuesto (in)	$\varnothing_{A\ NOM}$ (in)	$\varnothing_{A\ INT}$ (in)	$\varnothing_{B\ NOM}$ (in)	$\varnothing_{B\ INT}$ (in)	L_A	L_B	$hf_{\varnothing A}$	$hf_{\varnothing B}$
(A) Estación	(B) P.O		Inicial (m)	Final (m)													
E-0	E-33	989	350	344.05	5.95	1.09	PVC 160	150	2.06	3	3.23	1.5	1.75	597.53	440.92	0.38	5.57
E-33	E-38	214.2	343	302.81	40.19	1.09	PVC 250	150	1.02	1	1.16	3/4	0.93	119.05	105.85	11.14	29.05
E-38	E-60	1124.88	302.8	271.7	31.11	1.09	PVC 160	150	1.50	1.5	1.75	1	1.2	938.29	242.83	11.84	19.26

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 192. Cálculo de diámetros de tubería en la línea de distribución I

Tramo		Longitud horizontal (m)	Cota del terreno		hf (m)	Caudal Q (L/s)	Material	C	∅ Nominal propuesto (in)	$\varnothing_{A\ NOM}$ (in)	$\varnothing_{A\ INT}$ (in)	$\varnothing_{B\ NOM}$ (in)	$\varnothing_{B\ INT}$ (in)	L_A	L_B	$hf_{\varnothing A}$	$hf_{\varnothing B}$
(A) Estación	(B) P.O		Inicial (m)	Final (m)													
E-60	E-96	1177.73	272	254	18	1.78	PVC 250	150	2.05	2	2.1	1.5	1.68	1154.5	82.09	14.8	3.13
E-96	E-98	34.96	254	236.2	17.8	1.78	PVC 250	150	1.00	1	1.16	3/4	0.93	15.98	20.73	3.70	14.10
E-98	E-108	487.9	236.2	216	20.2	0.4	PVC 250	150	0.95	1	1.16	3/4	0.93	63.81	448.49	0.93	19.27

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 193. Cálculo de diámetros de tubería en las líneas de distribución II, III y IV

Tramo		Longitud horizontal (m)	Cota del terreno		hf (m)	Caudal Q (L/s)	Material	C	∅ Nominal propuesto (in)	∅A NOM (in)	$\varnothing_{A\ INT}$ (in)	$\varnothing_{B\ NOM}$ (in)	$\varnothing_{B\ INT}$ (in)	L_A	L_B	$hf_{\varnothing A}$	$hf_{\varnothing B}$
(A) Estación	(B) P.O		Inicial (m)	Final (m)													
E-60	E-61.01	84.85	272	235	37	1.18	PVC 250	150	1.043	1	1.16	3/4	0.93	132.34	71.30	14.34	22.66
E-61.01	E-65	175.3	235	218.9	16.1	1.18	PVC 250	150	1.21	1.25	1.46	1	1.16	52.63	131.43	1.86	14.24
E-65	E-87	571.6	218.9	170	48.9	0.98	PVC 250	150	1.20	1 1/4	1.46	1	1.16	158.35	584.73	3.97	44.93
E-65	E-71	266.9	218.9	211	7.9	0.26	PVC 250	150	0.931	1	1.16	3/4	0.93	4.52	406.503	0.03	7.87
E-98	E-102	197.6	236.2	225	11.2	0.4	PVC 250	150	0.95	1	1.16	3/4	0.93	54.12	242.28	0.79	10.41

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 194. Resumen de los valores de diseño para la línea de conducción

Tramo		Caudal Q (L/s)	Material	L_A horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_A$ (in)	V_A (m/s)	L_B horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_B$ (in)	V_B (m/s)	Cota piezométrica al inicio del tramo A	Cota piezométrica al final del tramo A	Cota piezométrica al final del tramo B
(A) Estación	(B) P.O													
E-0	E-33	1.09	PVC 160	569.1	100	3.0	0.21	419.9	74	1 1/2	0.70	350.00	349.62	344.05
E-33	E-38	1.09	PVC 250	113.4	20	1.0	1.60	100.8	18	3/4	2.49	343.00	331.86	302.81
E-38	E-60	1.09	PVC 160	893.6	157	1 1/2	0.70	231.3	41	1.0	1.49	302.80	290.95	271.69

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 195. Resumen de los valores de diseño para la línea de distribución I

Tramo		Caudal Q (L/s)	Material	L_A horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_A$ (in)	V_A (m/s)	L_B horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_B$ (in)	V_B (m/s)	Cota piezométrica al inicio del tramo A	Cota piezométrica a al final del tramo A	Cota piezométrica al final del tramo B
(A) Estación	(B) P.O													
E-60	E-96	1.78	PVC 250	1099.5	193	2.0	0.80	78.2	14	1 1/2	1.24	272.00	257.13	254.00
E-96	E-98	1.78	PVC 250	15.2	3	1	2.61	19.7	4	3/4	4.06	254.00	250.30	236.20
E-98	E-108	0.4	PVC 250	60.8	11	1	0.59	427.1	75	3/4	0.91	236.20	235.27	216.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 196. Resumen de los valores de diseño para las líneas de distribución II, III y IV

Tramo		Caudal Q (L/s)	Material	L_A horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_A$ (in)	V_A (m/s)	L_B horizontal (m)	# de tubos	$\varnothing_B$ (in)	V_B (m/s)	Cota piezométrica a al inicio del tramo A	Cota piezométrica a al final del tramo A	Cota piezométrica al final del tramo B
(A) Estación	(B) P.O													
E-60	E-61.01	1.18	PVC 250	55.1	23	1	1.73	29.7	12	3/4	2.69	272.00	257.66	235.00
E-61.01	E-65	1.18	PVC 250	50.1	9	1 1/4	1.09	125.2	22	1	1.73	235.00	233.14	218.90
E-65	E-87	0.98	PVC 250	121.8	27	1 1/4	0.91	449.8	98	1.0	1.44	218.90	214.93	170.00
E-65	E-71	0.26	PVC 250	4.3	1	1	0.38	387.1	68	3/4	0.59	218.90	218.87	211.00
E-98	E-102	0.4	PVC 250	36.1	10	1	0.59	161.5	41	3/4	0.91	236.20	235.41	225.00

Fuente: Elaboración propia

En los anexos se encuentran los planos de planta y perfil de las líneas de conducción y distribución, así como la libreta topográfica del terreno.

Como parte del análisis de viabilidad económica, se realizó la siguiente integración de costos. El desglose de cada componente se encuentra contenido en los anexos.

Cuadro 197. Resumen de costos directos por componente:

No.	Componente	Cantidad	Unidad	Total de materiales	m. de obra	Total costos directos
1	Captacion	1	Unidad	Q20,013.90	Q16,900.00	Q36,913.90
2	Caja rompe presion	3	Unidad	Q8,538.30	Q11,800.00	Q20,338.30
3	Línea de conduccion	2410	mts.	Q72,639.87	Q42,850.00	Q115,489.87
4	Válvulas de aire	5	Unidad	Q5,218.74	Q5,580.00	Q10,798.74
5	Válvulas de limpieza	3	Unidad	Q4,229.70	Q3,320.00	Q7,549.70
6	Válvulas de compuerta	4	Unidad	Q3,337.20	Q6,075.00	Q9,412.20
7	Paso de zanjón	3	Unidad	Q6,658.89	Q14,300.00	Q20,958.89
8	Puente colgante de 20 m	1	Unidad	Q13,992.78	Q12,050.00	Q26,042.78
9	Puente colgante de 40 m	1	Unidad	Q21,321.11	Q13,140.00	Q34,461.11
10	Tanque de distribucion de $30m^3$ (doble cámara)	1	Unidad	Q50,551.81	Q20,250.00	Q70,801.81
11	Línea de distribución	3090	Mts.	Q86,883.90	Q45,800.00	Q132,683.90
12	Cconexiones domiciliares	29	Unidad	Q21,367.04	Q6,625.00	Q27,992.04
	Sub total			Q314,753.24	Q198,690.00	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q513,443.24

Fuente: Elaboración propia

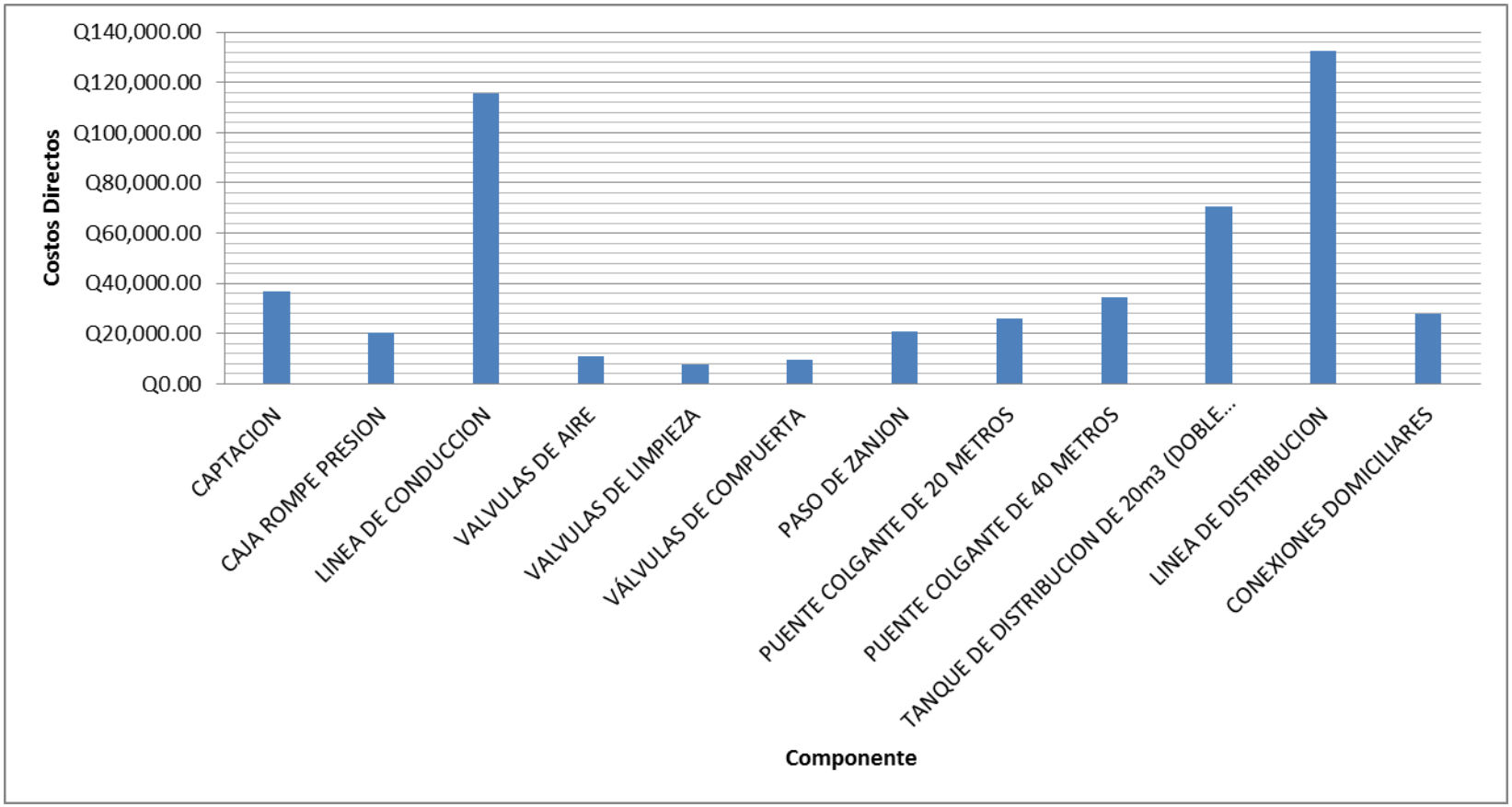
Debido a que una empresa privada será la que ejecute la construcción del proyecto, se estimaron los costos indirectos para pagar la totalidad de la obra. Para integrar los gastos administrativos se consideró el total de los materiales, más la mano de obra calificada, por un porcentaje del 25%. Así también, se pensó en la posible utilidad de la empresa, misma que se calculó como el 15% de los costos de los materiales y la mano de obra calificada.

Cuadro 198. Resumen de costos totales por componente

No.	Componente	Cantidad	Unidad	Total costos directos	Estimación costos indirectos
1	Captación	1	Unidad	Q36,913.90	Q13,658.14
2	Caja rompe presión	3	Unidad	Q20,338.30	Q7,525.17
3	Línea de conducción	2410	m	Q115,489.87	Q42,731.25
4	Válvulas de aire	5	Unidad	Q10,798.74	Q3,995.53
5	Válvulas de limpieza	3	Unidad	Q7,549.70	Q2,793.39
6	Válvulas de compuerta	4	Unidad	Q9,412.20	Q3,482.51
7	Paso de zanjón	3	Unidad	Q20,958.89	Q7,754.79
8	Puente colgante de 20 m	1	Unidad	Q26,042.78	Q9,635.83
9	Puente colgante de 40 m	1	Unidad	Q34,461.11	Q12,750.61
10	Tanque de distribucion de 20m^3 (doble cámara)	1	Unidad	Q70,801.81	Q26,196.67
11	Línea de distribución	3670	m	Q132,683.90	Q49,093.04
12	Cconexiones domiciliares	29	Unidad	Q27,992.04	Q10,357.05
	Sub total			Q513,443.24	Q189,974.00
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q703,417.24
	Costo por habitante beneficiado (2014)				Q3,517.08
	Costo por habitante beneficiado (proyectado a 2039)				Q1,758.54

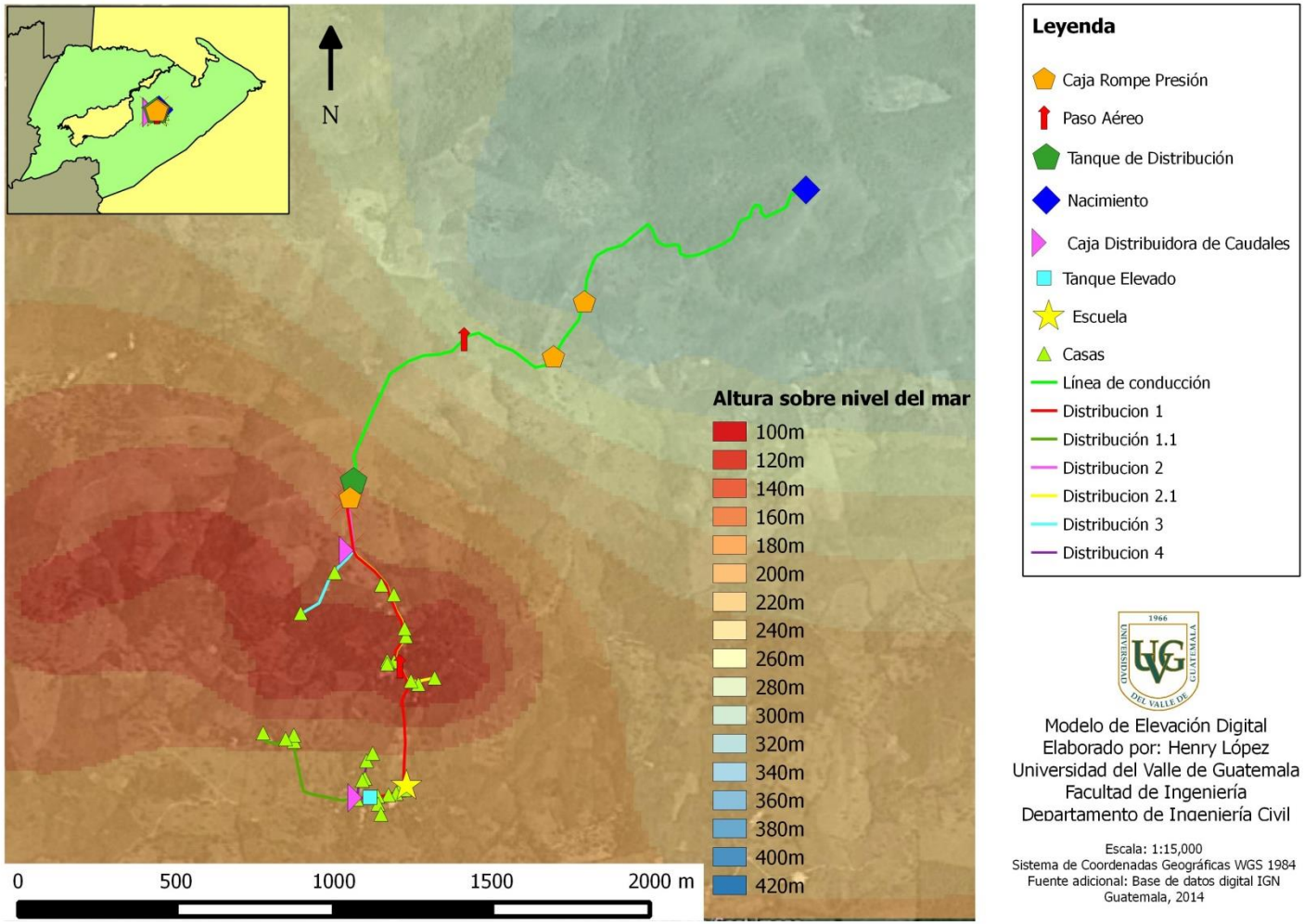
Fuente: Elaboración propia

Figura 174. Costos directos por componente



Fuente: Elaboración propia

Figura 175. Modelo de elevación digital del caserío Cumbre de San Agustín



Fuente: Elaboración propia

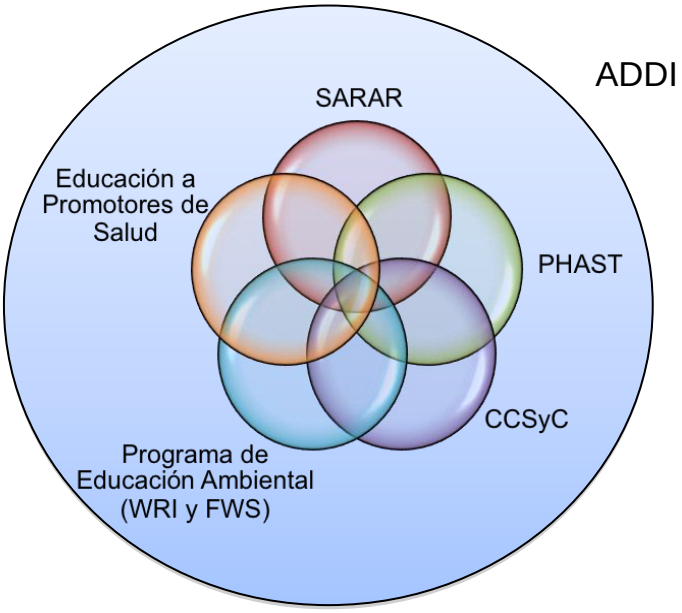
I. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DEL AGUA Y DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

1. Sustento teórico. La presente propuesta del programa educativo se sustenta en una metodología ecléctica, la cual echa mano de diversos métodos y estrategias participativos, de elaboración de proyectos de comunicación y educación en salud y ambiental, enmarcados en las fases de análisis y diseño del modelo de diseño instruccional ADDIE.

Los métodos y estrategias que componen el modelo combinado son los siguientes:

a. SARAR
b. Transformación Participativa para la Higiene y Saneamiento (PHAST)
c. Comunicación para el Cambio Social y del Comportamiento (CCSyC)
d. Planificación de Programas de Educación Ambiental del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (FWS)
e. Educación a Promotores de Salud

Figura 176. Diagrama de modelo combinado utilizado.



Fuente: Elaboración propia.

2. Lugar. Comunidad del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal, Guatemala.

3. Audiencia. La audiencia de la propuesta para el programa educativo se enfoca en la unidad familiar, y fomenta la participación y responsabilidad compartida de todos los miembros de una familia, tanto de adultos como de niños.

a. Madres y padres de familia. Son quienes mayor poder de acción e influencia tienen en las prácticas sanitarias e higiénicas practicadas por la comunidad, con respecto al agua destinada para el consumo humano.

b. Niños. Son principalmente afectados por el consumo de agua contaminada, y quienes pueden garantizar su sostenibilidad al convertirse en adultos que empleen prácticas saludables en cuanto al manejo de agua destinada al consumo humano.

4. Problema. Las familias del caserío Cumbre de San Agustín no utilizan medidas sanitarias y saludables adecuadas para el manejo del agua destinada al consumo humano. La mayor parte de los pobladores recoge el agua de pozos y riachuelos cercanos, mientras que dos familias se abastecen de agua entubada. Sin embargo, aún cuando el agua se encuentra contaminada, ningún poblador afirma que da tratamiento al agua previo a su consumo, lo cual les ocasiona problemas de salud. Entonces cabe preguntarse: ¿Qué efectos tendrá en la comunidad, la implementación de un programa educativo en materia de medidas sanitarias, saludables e higiénicas sobre el manejo del agua?.

5. Razón de ser. El consumo de agua contaminada resulta en enfermedades, lo cual lo cual afecta la salud, estado nutricional y la economía familiar. Hervir o clorar el agua no se presentan como soluciones 100% viables, porque no eliminan todos los microorganismos dañinos, no son 100% saludables e implican un impacto ambiental y económico. Sin embargo, los filtros naturales son efectivos y económicos. Educar a la población les motivará a movilizar sus esfuerzos, descontinuar prácticas no saludables y adoptar nuevas prácticas saludables que sean sostenibles.

6. Meta. Este programa tiene como meta educar a la población del Caserío Cumbre de San Agustín sobre las buenas prácticas de manejo de agua destinada para el consumo humano, con el fin de que se adopten prácticas saludables que mejoren la calidad de vida.

7. Resultados deseados
    a. Hacer un autodiagnóstico de las prácticas de salud e higiene en cuanto al manejo de agua para consumo humano que emplean en su familia y comunidad.
    b. Relacionar las malas prácticas de manejo de agua para consumo humano, con las enfermedades padecidas.
    c. Identificar los perjuicios de consumir agua contaminada.
    d. Comprender que el agua puede estar contaminada aunque se vea clara.
    e. Comprender por qué los métodos como dejar reposar el agua, no garantizan que sea potable.
    f. Comprender por qué clorar o hervir el agua no presenta una solución 100% viable para su comunidad.
    g. Aprender a construir y dar mantenimiento a los propios filtros naturales para uso en su vivienda.
    h. Aprender a construir y utilizar los sistemas de captación de agua de lluvia.
    i. Disminuir o tener la intención de reducir prácticas poco saludables, relacionadas a la contaminación del agua tales como:
        1) Bañarse en el río.
        2) Defecar en campo abierto o en el río.
        3) Utilizar abono que se lave hacia el río.
        4) Recoger, transportar o almacenar el agua en recipientes sucios o expuestos a contaminantes.

8. Factores de motivación

a. Salud. El impacto de las prácticas no saludables, en cuanto al consumo de agua contaminada, repercute directamente en la salud de los miembros de la familia, afecta especialmente a los niños, mujeres embarazadas y ancianos. Por lo que los padres de familia estarán motivados a emplear prácticas saludables para el bienestar de su familia.

b. Económico. Las enfermedades limitan la capacidad de trabajo y adquisitiva de las personas, afectan así su economía, por los gastos médicos que representan. Clorar y hervir el agua, así como acarrearla representa trabajo y dinero.

c. Ambiental. Al hacer uso de los recursos naturales de su comunidad y adoptar adoptar prácticas amigables con el ambiente, se garantiza la continuidad de los recursos ambientales para la presente y posteriores generaciones.

Cuadro 199. Organización de la información de la propuesta educativa

Unidad	Tema	Subtemas	Estrategias/tareas
1	Prácticas comunitarias de manejo de agua actuales.	---	Auto-diagnóstico de prácticas para el manejo de agua destinada al consumo humano.
2	Consumo de agua contaminada.	a. ¿Por qué se contamina el agua? b. ¿Cómo saber si el agua está contaminada? c. Efectos de consumir agua contaminada.	Talleres informativos y demostraciones prácticas (experimental)
3	Tratamiento para purificar el agua destinada al consumo humano.	a. Beneficios. b. Desmitificar métodos como reposo o colación. c. Hervir y clorar (ventajas y desventajas). d. Filtros naturales.	Talleres informativos.
4	Elaboración y mantenimiento de filtros naturales.	---	Talleres y demostraciones prácticas.
5	Sistema de captación de agua de lluvia.	---	Talleres y demostraciones prácticas.
6	Prácticas saludables e higiénicas para el manejo de agua destinada al consumo humano.	a. Baño y aseo personal. b. Lavado de manos. c. Uso de letrinas. d. Almacenamiento de agua. e. Prácticas para no contaminar fuentes de agua.	Talleres informativos. Representaciones y juegos de roles.

Fuente. Elaboración propia

Figura 177. Mensaje por unidad de la propuesta del programa educativo

Fuente:Elaboración propia

9. Estrategias educativas
    a. Talleres informativos para padres de familia.
    b. Talleres y demostraciones prácticas.
    c. Talleres informativos y prácticos con los niños de edad escolar.
    d. Representaciones y juego de roles.

10. Recursos
    a. Carteles y Afiches informativos (visuales).
    b. Títeres.
    c. Papelógrafo.

d. Flashcards (Tarjetas).
e. Modelos (filtros).
f. Objetos reales.
g. Cartillas y tratados.

11. Evaluación e instrumentos
    a. Diagnóstica
        1) Visitas domiciliares.
        2) Entrevista semi-estructurada.

    b. Formativa
        1) Juicio de expertos.
        2) Listados de asistencia.
        3) Contabilización de entrega de materiales.
        4) Entrevistas.
        5) Observación .

    c. Sumativa
        1) Evaluación de impacto en el cambio de conductas a través de:
            a) Visitas domiciliares.
            b) Entrevistas.
            c) Observación / Lista de Cotejo.

            Requieren de estar espaciadas en tiempo para apreciar la sostenibilidad del proyecto y durabilidad del impacto.

Cuadro 200. Indicadores de monitoreo de propuesta educativa

Unidad	Indicador de proceso	Indicador de calidad
1	Número de asistentes.	Número de situaciones actuales identificadas.
2	Número de asistentes Número de material entregado.	Número de personas capacitadas que pueden proporcionar información sobre los efectos de consumir agua contaminada.
3	Número de asistentes Número de material entregado.	Número de personas capacitadas que pueden explicar qué métodos son efectivos para purificar el agua.
4	Número de familias capacitadas.	Número de familias que elaboraron correctamente su filtro y pueden explicar cómo usarlo.
5	Número de familias capacitadas.	Número de familias que pueden proporcionar información sobre cómo usar el sistema de captación de agua de lluvia.
6	Número de asistentes. Número de material entregado.	Número de personas capacitadas que pueden explicar al menos tres prácticas saludables respecto al agua de consumo humano.

Fuente: Elaboración propia.

12. Propuesta de diseño de material didáctico

a. Unidad 1. Prácticas comunitarias de manejo de agua actuales.

En una puesta en común, se registran en el papelógrafo las fuentes de agua de la comunidad, la manera en la que obtienen o transportan el agua, la forma de almacenarla y el tratamiento que le dan antes de consumirla. En el caso de la población analfabeta, pueden ser dibujos o diagramas los que se registren en éste.

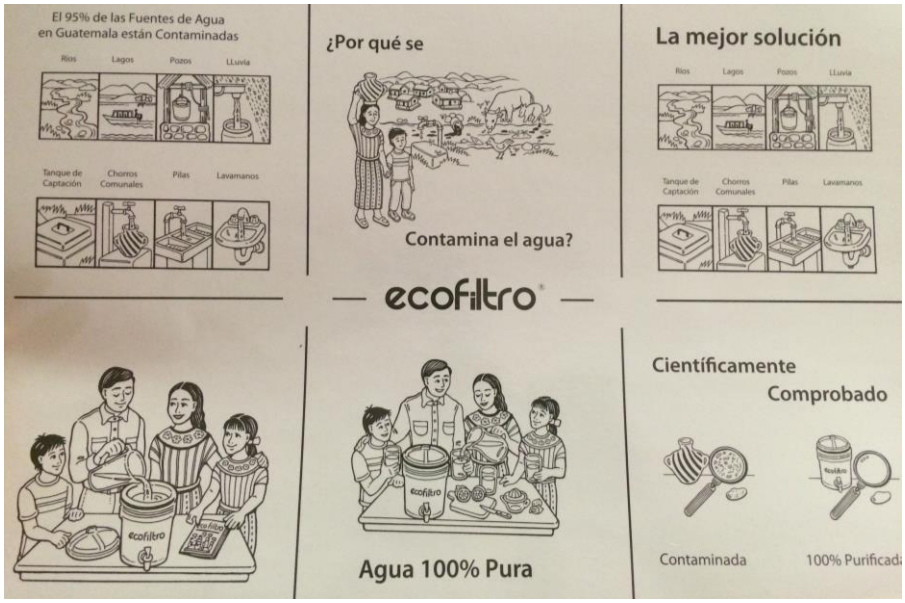
Figura 178. Ejemplo de uso del papelógrafo.

Fuente: Instituto de Investigación y Promoción Social, 2009.

b. Unidad 2. Consumo de agua contaminada

1) Afiches informativos. Como ayuda en los talleres informativos se pueden presentar afiches explicando la información.

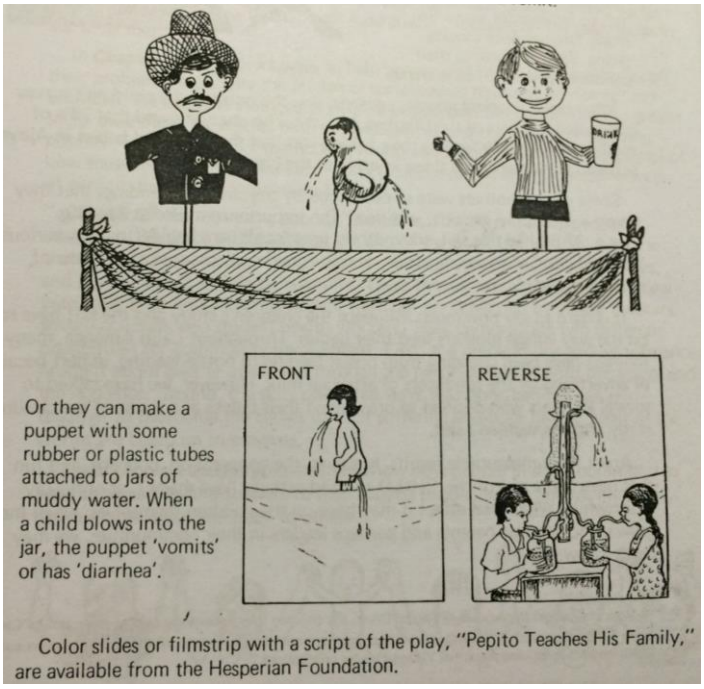
Figura 179. Afiche sobre la contaminación del agua



Fuente: Provisto por el personal educativo de Ecofiltro

2) Títeres. Los títeres pueden facilitar la transmisión de esta información, especialmente con los niños.

Figura 180: Elaboración y uso de títeres para mediar información



Fuente: (Werner & Bower, 1992)

3) Flashcards. Con las imágenes de los afiches, pueden hacerse tarjetas para que sean clasificadas o manipuladas por los estudiantes.

Figura 181. Ejemplos de flashcards

Fuente: Werner & Bower, 1992

c. Unidad 3. Tratamiento para purificar agua destinada al consumo humano

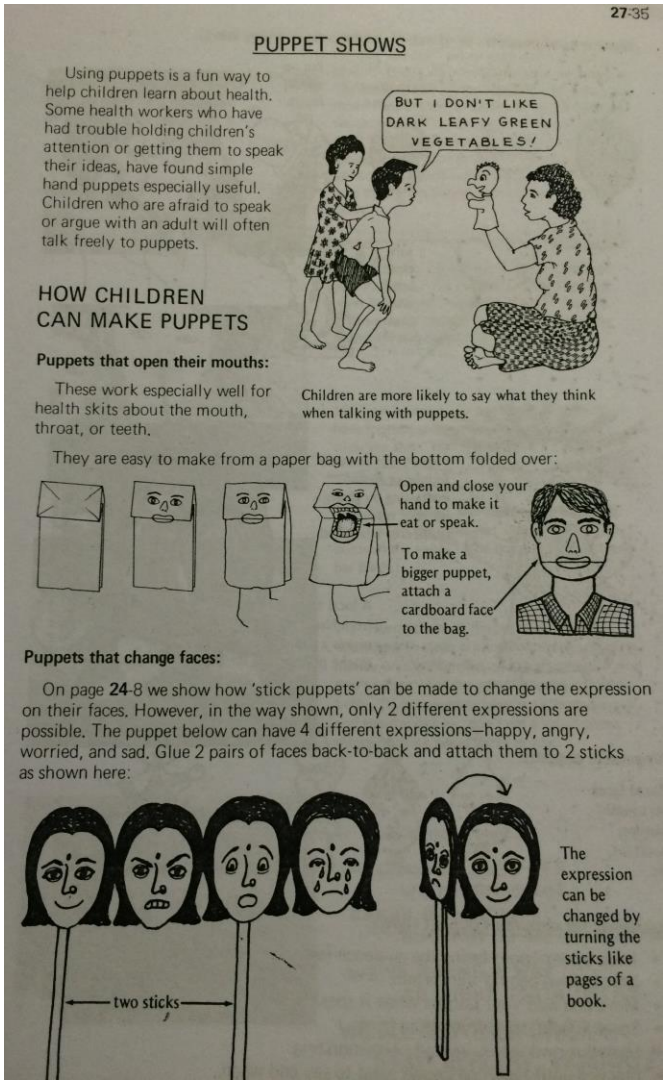
1) Afiches informativos. Se pueden presentar afiches que expliquen la información.

Figura 182. Ejemplo de formato de un afiche

Fuente: Segura, 2009

2) Títeres. Los títeres pueden facilitar la transmisión de la información, especialmente con los niños.

Figura 183. Presentación de títeres



27-35

PUPPET SHOWS

Using puppets is a fun way to help children learn about health. Some health workers who have had trouble holding children's attention or getting them to speak their ideas, have found simple hand puppets especially useful. Children who are afraid to speak or argue with an adult will often talk freely to puppets.

Children are more likely to say what they think when talking with puppets.

HOW CHILDREN CAN MAKE PUPPETS

Puppets that open their mouths:

These work especially well for health skits about the mouth, throat, or teeth.

They are easy to make from a paper bag with the bottom folded over:

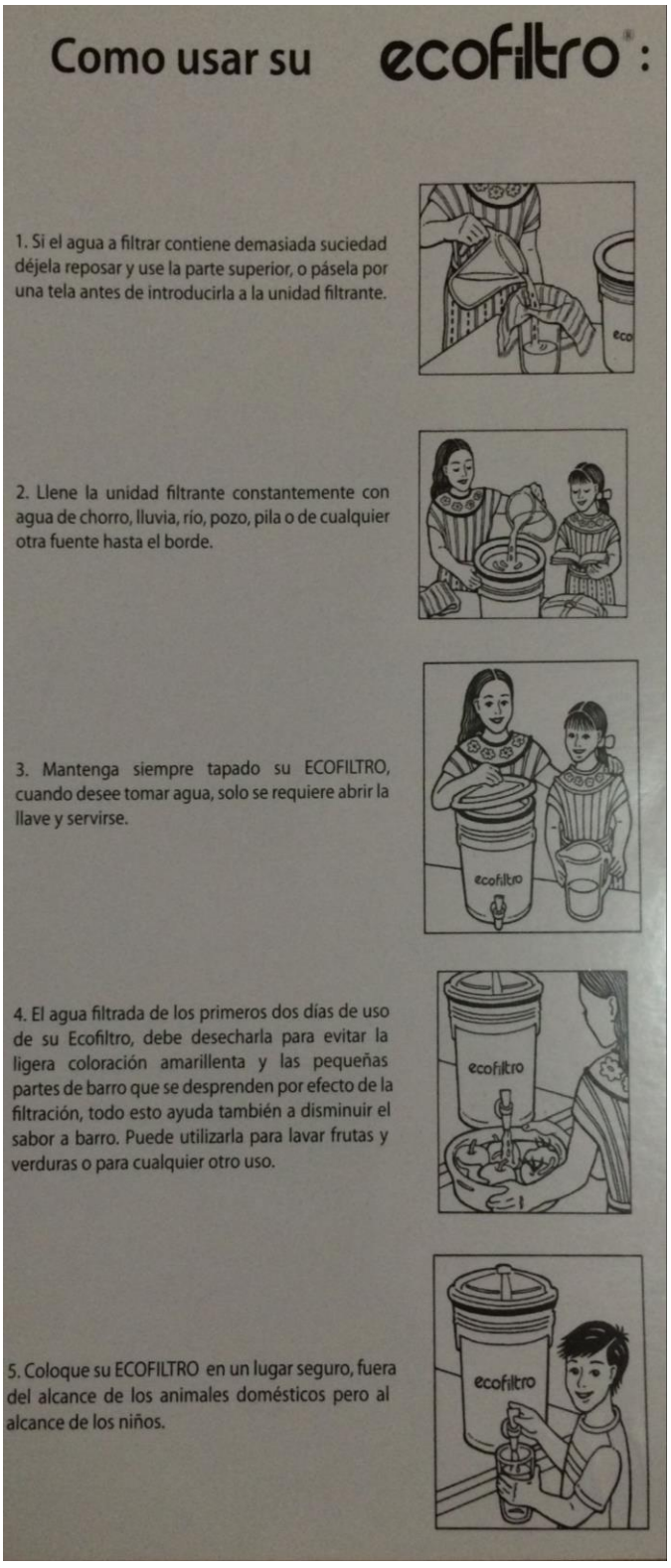
Puppets that change faces:

On page **24**-8 we show how 'stick puppets' can be made to change the expression on their faces. However, in the way shown, only 2 different expressions are possible. The puppet below can have 4 different expressions—happy, angry, worried, and sad. Glue 2 pairs of faces back-to-back and attach them to 2 sticks as shown here:

Fuente: Werner & Bower, 1992

3) Objeto reales. Demostración con objetos reales, de las maneras apropiadas e inapropiadas para tratar el agua destinada al consumo humano. Puede utilizarse también para el juego de roles o dramatizaciones.

Figura 184. Afiche sobre cómo usar su ecofiltro

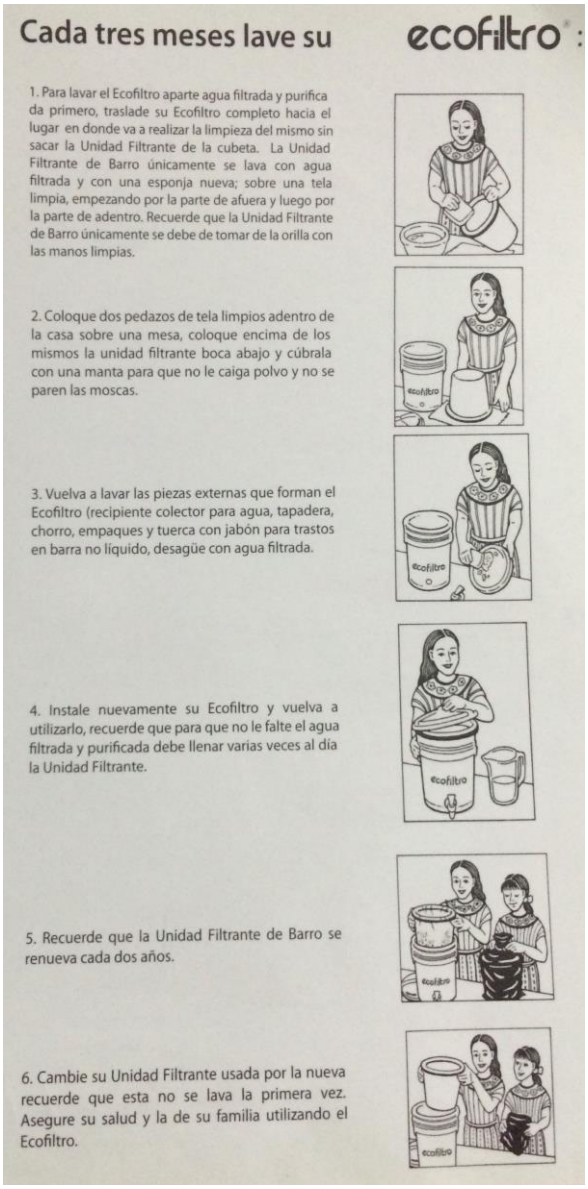


Fuente: Provisto por Ecofiltro

d. Unidades 4 y 5: Elaboración y mantenimiento de filtros naturales. Sistema de captación de agua de lluvia

1) Afiches informativos. Los afiches pueden contener paso a paso la elaboración, uso y mantenimiento del filtro, con dibujos o mejor aún, con fotografías del proceso.

Figura 185. Ejemplo de afiche sobre cómo cuidar el ecofiltro



Fuente: Provisto por Ecofiltro

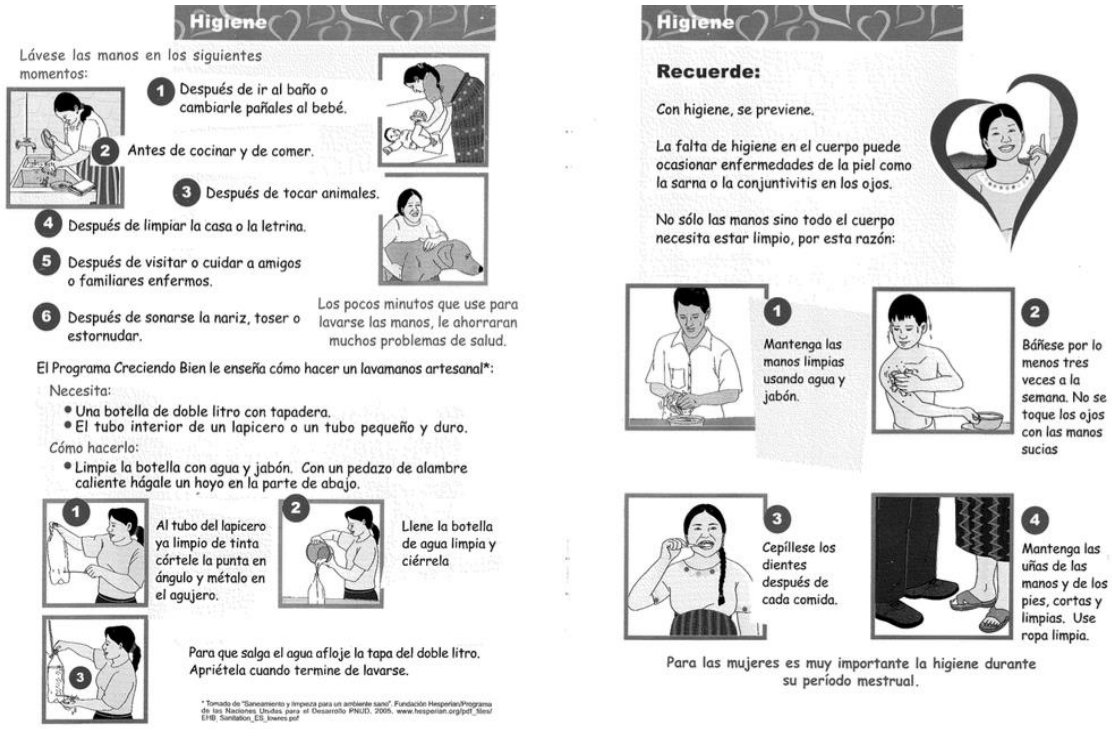
2) Modelos. Para los talleres prácticos, es importante tener modelos de cada fase o paso, para utilizarlo al explicar cómo debe realizarse.

e. Unidad 6. Prácticas saludables e higiénicas para manejo de agua destinada al consumo humano

1) Afiches informativos. Los afiches facilitan la mediación del contenido y van ilustrados con las prácticas de higiene y salud que desean introducirse o cambiarse.

2) Cartillas. Instituciones como el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, USAID y UNICEF pueden proveer cartillas o tratados ilustrados sobre temas de salud e higiene.

Figura 186. Cartilla Creciendo Bien



Fuente: Segura Galindo, 2006

3) Objetos reales. Demostración con objetos reales de las medidas higiénicas y de salud que se desean introducir. Puede utilizarse también para juego de roles o dramatizaciones.

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA

El principal objetivo de la investigación fue determinar el estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua, del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. Para el análisis de las fuentes se realizaron cuatro muestreos. El primero se hizo a inicios de abril 2014, los restantes durante los meses de mayo, junio y septiembre, puesto que se quiso tomar dos muestras en época seca y dos en época lluviosa. Aunque el propósito principal era lograr un muestreo mensual, no se logró porque que el país tuvo problemas de sequía durante tres meses, de ahí que el último muestreo se realizara en septiembre, pues fue entonces cuando la época de lluvia se hizo presente en Morales, Izabal.

El análisis físico del agua tuvo como base los parámetros establecidos por la Norma COGUANOR NTG 29001 los cuales son pH, turbidez, conductividad eléctrica, olor, demanda biológica de oxígeno y sólidos totales. En el Cuadro 53 se pueden observar los resultados obtenidos en los diferentes muestreos realizados en las cuatro fuentes de agua de la comunidad. En el Cuadro 54 se detalla el análisis estadístico que se realizó con los datos obtenidos en cada parámetro físico. Se determinó la media, desviación estándar y varianza de cada grupo de datos correspondientes al parámetro evaluado y al lugar, con el fin de poder comparar las características físicas, químicas y microbiológicas de las cuatro fuentes de abastecimiento de agua.

La media del pH obtenido durante los cuatro muestreos en la quebrada es 1. Se observó que las desviaciones estándar y las varianzas de los parámetros evaluados fueron variados; por ejemplo en el nacimiento 2, la desviación estándar fue de 0.007 y la varianza de 0.00003 para turbidez; mientras que en valores como sólidos totales, por ejemplo de la quebrada 2, la desviación estándar fue de 4,255.54 y la varianza fue de $1.811*10^{7.}$ La razón de la amplia variedad de resultados de estos ejemplos puede atribuirse a que los valores de parámetros como conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos totales, variaron durante los cuatro muestreos.

Cada parámetro fue evaluado individualmente para conocer su efecto en el agua según la época del año. En la figura 95 se observa una comparación del pH obtenido durante los cuatro muestreos, en donde se determinó que el pH de las quebradas 1 y 2 se mantuvo constante y por debajo del límite máximo permisible, durante los primeros tres muestreos, pero en el último, el

valor de pH aumentó y sobrepasó el límite permisible en ambas quebradas. El pH en los nacimientos durante los 4 muestreos estuvo por debajo del límite permisible, por lo que el agua de estas dos fuentes respecto al pH no es apta para consumo.

En la Figura 96 se observan los resultados respecto a la turbidez del agua, la que se realizó por medio de espectrofotometría. Durante los 4 muestreos el agua no se veía turbia y se comprobó, por medio del análisis estadístico, en donde la desviación estándar y la varianza fueron cercanas a cero. Además, se puede observar que la turbidez estuvo cercana a cero, como era lo esperado. Sin embargo, en la muestra de la quebrada 2, del cuarto muestreo, la absorbancia fue de 0.395, lo cual puede atribuirse a que en época de lluvia la quebrada puede arrastrar sedimentos o basura de las montañas, y provocar que la absorbancia sea mayor a la esperada.

En la Figura 97 se observan los resultados sobre conductividad eléctrica, en la cual se determinó que durante los cuatro muestreos estuvo por debajo del límite máximo permisible (LMP). La conductividad eléctrica del agua afecta la calidad de ésta, ya que es indicadora de contaminación por arrastre de sólidos, por lo que se espera que al no sobrepasar los 750µs/cm, las 4 fuentes de agua cumplen con la norma COGUANOR. También se evaluó como característica física el olor de las muestras, el resultado se observa en el Cuadro 54 en donde no se rechazó el olor en ninguna de las muestras durante los cuatro muestreos.

En la Figura 98 se observa el resultado de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que no es un parámetro que incluya la norma COGUANOR del agua para consumo humano, sin embargo, se tomó en cuenta porque es un indicador de contaminación. Para el agua doméstica residual el valor mínimo de DBO es 110 mg/L y después de un tratamiento biológico el valor de DBO debe de ser 10mg/L (Bitton, 1994), por lo que todas las muestras de agua estuvieron por debajo de 80mg/L, lo cual indica que los valores son aceptables respecto a estos parámetro. Se puede comprobar en la Figura 98, que en época lluviosa aumentó el DBO en todos los puntos del muestreo ya que éste es un indicador de contaminación, puesdetermina la cantidad de oxígeno requerido por microorganismos para degradar materia orgánica.

En el análisis de los resultados de sólidos totales la Figura 99 hace evidente que todas las muestras están por encima del límite máximo permisible, lo que puede atribuirsele al método empleado. También determina que los sólidos solubles e insolubles, tiene altos los valores ya que toma en cuenta todo tipo de sólidos, pero a simple vista el agua colectada no presentó un alto índice de sólidos.

Para el análisis microbiológico, se evaluó la presencia de *E. coli* y Coliformes, ya que la norma COGUANOR con la que se compara la calidad del agua de las fuentes, tiene como parámetro estas bacterias. Si se observan los cuadros 55 y 56 se encuentra el reporte de la carga bacteriana en las fuentes de agua del caserío, con base a la forma correcta de reportar un análisis microbiológico. Se se detalla el recuento de *E. coli* y coliformes encontrada en las fuentes de agua por medio de Petrifilms. Se determinó la presencia de *E. coli* y coliformes en todas las fuentes de agua, durante los cuatro muestreos; la excepción fue en la quebrada 2 del primer muestreo, en donde no se tuvo presencia de *E. coli* y coliformes. En las figuras 100 y 101 puede observarse la presencia de dichas bacterias. Con base en los análisis microbiológicos y a la norma COGUANOR ninguna de las fuentes de agua es apta para consumo humano.

El análisis químico fue el único aspecto que se midió en agua y en suelo, ya que se quería comprobar si el suelo es una fuente de contaminación para el agua, pues arriba de los nacimientos hay plantaciones de piña a las cuales se les fertiliza con el 15-15-15 (15% de nitrógeno, 15% de potasio y 15% de fósforo). En consecuencia, durante el invierno pudiera lavarse hacia las fuentes de agua y contaminarlas.

Para el análisis químico se evaluó la concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio que puede observarse en el Cuadro 57 . En el Cuadro 58 se detalla el resultado del análisis estadístico realizado a las concentraciones de químicos obtenidas, se obtuvo la media, desviación estándar y varianza de cada parámetro por lugar de muestreo; a partir de este análisis se confirma que en el agua las desviaciones estándar y las varianzas fueron bajas, ya que las concentraciones de químicos agua fueron casi constantes y por debajo de los límites máximos permisibles. Sin embargo, en el suelo se dio el fenómeno de obtener desviaciones estándar y varianzas muy altas, pero se debió a que en el suelo las concentraciones fueron muy altas y variadas en cada muestreo.

El coeficiente de correlación del Cuadro 59 muestra que para la concentración de nitratos la correlación fue negativa y para nitritos, fosfatos y potasio el valor del coeficiente de correlación fue menor a 1. En base a este criterio estadístico, se comprueba que no existe ninguna correlación entre la concentración química del agua con la del suelo, por lo que éste no es una fuente de contaminación para el agua.

En las figuras 102 y 103 se observa que las concentraciones de nitratos y nitritos en agua se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) lo cual significa que las fuentes de agua no tienen un flujo de contaminación en cuanto a estos parámetros químicos. Las concentraciones adecuadas de fosfatos y potasio en agua no las establecen las normas

COGUANOR, pero se pueden observar en las figuras 104 y 105 que las concentraciones de estos elementos químicos fueron muy bajas. Significa que, químicamente el agua de las cuatro fuentes del caserío, es adecuada para consumo humano. En estas gráficas también se observa que en la época lluviosa las concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio, en las 4 fuentes de agua aumentaron, aunque no de manera significativa, este aumento se debe a la eutrofización que ocurre en los recursos hídricos.

En las figuras 106, 107, 108 y 109 se observa el resultado de las concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio en el suelo cercano a las fuentes de agua del caserío. Este análisis se realizó con el fin de poder comparar esta concentración con la del agua y correlacionarla con las concentraciones de las fuentes de agua. En estas gráficas se destaca que hubo un aumento significativo en la concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y potasio de la época seca a la lluviosa, por lo que este cambio puede atribuirse a la erosión del suelo.

En el Cuadro 60 se detalla una comparación de las medias de los parámetros, durante el verano (muestreo 1 y 2) y durante el invierno (muestreo 3 y 4). Respecto a los análisis físicos y químicos sí hubo un cambio significativo; en los análisis microbiológicos los datos fueron variables, ya que algunas fuentes como Quebrada 1, Quebrada 2 y Nacimiento 2 la cantidad de *E. coli* y coliformes aumentó en la época lluviosa; mientras que en el Nacimiento 1 la carga bacteriana disminuyó en esta época. Este fenómeno pudo ocurrir debido a que el acceso a este nacimiento es más difícil durante las lluvias, por lo que dificulta que animales como perros o caballos puedan acceder a este y contaminar el agua, además, el flujo de agua de este nacimiento es menor que el de las otras fuentes. En el cuadro 16 se hace un resumen de todos los parámetros evaluados y los resultados obtenidos durante los cuatro muestreos, con el fin de dar una vista rápida y fácil de interpretar con base en todos los análisis realizados.

Con los parámetros evaluados durante el verano y el invierno, en las fuentes de agua del caserío Cumbre de San Agustín, y al compararlos con los valores que establece la norma COGUANOR NTG 29001, se pudo determinar que el agua de ninguna de las fuentes evaluadas es apta para consumo humano, ya que no cumplen con todos los parámetros requeridos por dicha norma. Sin embargo, a partir de estos resultados se pueden emplear tecnologías apropiadas como filtros naturales amigables con el ambiente que mejoren los parámetros que afectan la calidad del agua. Se espera que durante la época seca los pobladores del caserío puedan filtrar y utilizar el agua de los ríos, mientras que, en época lluviosa, el agua filtrada de la lluvia.

La principal fuente de error durante el desarrollo de este módulo fue la forma de marcar el lugar de muestreo, ya que cada marca que se dejaba en el desaparecía, bien sea porque los pobladores la quitaran o porque la creciente del agua provocara que se perdieran. Tal evento pudo afectar el análisis de los datos, ya que influye en la variación de los resultados. También es importante mencionar que lo ideal es realizar un monitoreo mensual, a lo largo de un año, para poder obtener un análisis más exacto sobre las características del agua de esta comunidad. Al realizar únicamente cuatro muestreos, este trabajo se toma como un análisis preliminar del estado del agua en las fuentes de abastecimiento.

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (A. COMOSUS) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTÍNUA

1. Buenas prácticas agrícolas y propuesta de riego. Al evaluar la situación actual de la comunidad del caserío Cumbre de San Agustín, se pudo observar que la escasez de agua les dificulta una vida sana, no así en las aldeas cercanas que sí cuentan con servicio de agua potable. El camino para poder llegar es montañoso y de tierra, lo que dificulta el ingreso de vehículos automotores que presten apoyo a la comunidad para el transporte del cultivo o de personas hasta la carretera principal.

El resultado del cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas evidenciado luego de evaluar con la lista de cotejo del cuadro 205 de los anexos, se muestra en la Figura 113 la suma de valores asignados a los aspectos para cada categoría. Siendo el total de cumplimiento un valor de 10. Con base a los aspectos evaluados en la lista de cotejo, se elaboró un manual de Buenas Prácticas Agrícolas (*Anexo B.2*) que permita, a los agricultores y demás pobladores de la comunidad, conocer los aspectos básicos de las BPA y relacionarlo con su situación actual. El manual contiene ilustraciones con textos cortos y puntuales que facilitan su comprensión sobre lo que se debe y no se debe hacer en cada aspecto indicado. Cuenta con una breve introducción a las Buenas Prácticas Agrícolas y la Cadena Alimentaria y ocho partes o capítulos con información esencial para el cumplimiento básico de las BPA. También incluye las referencias de la información y un glosario.

A continuación se describe y justifica cada parte del manual en su respectivo orden, junto con un análisis de lo observado en la evaluación realizada a la comunidad. De igual manera, se justifica la razón por la que el riego por goteo se propone para el cultivo de la piña.

El lector encontrará al inicio los beneficios de aplicar BPA´s, tales como una familia sana, un mayor rendimiento y mejor calidad del producto, suelos fértiles y fuentes de agua libres de contaminación. Así como una breve explicación de la cadena alimentaria que destaca en donde se sitúa la producción agrícola, siendo de suma importancia proveer un producto incuo para los siguientes procesos.

2. Zona de cultivo y alrededores. Se observó que el área de producción de piña se encuentra en mal estado. Los suelos están mal labrados y llenos de basura de comida procesada como bolsitas de snacks, botellas plásticas de bebidas, restos de frutas ajenas al cultivo de piña. También se hizo evidente una gran cantidad de malezas o brotes de plantas entre el cultivo. A lo largo de las visitas se pudo notar que la maleza creció dentro del cultivo y en algunas partes llegó a cubrir el cultivo original, robándole agua y nutrientes a la piña. La basura en el suelo es fuente de alimento para animales silvestres y domésticos que se encuentran fuera de la zona de cultivo. De igual forma, las malezas son utilizadas por los animales, para anidar y protegerse de los depredadores.

De acuerdo a las entrevistas, se ha tenido problemas con el rendimiento del cultivo debido a las plagas, y especialmente, las de taltuza y cochinilla harinosa. La comunidad carece del control de plagas, por lo que el cultivo tiene daños físicos ocasionados por éstas. La zona de cultivo se encuentra desprotegida del acceso de animales y personas ajenas. Los animales domésticos que se encuentran en la comunidad son caballos, cerdos, pavos, patos, gansos, gallinas y perros lo que contribuyen a la contaminación fecal de la zona de cultivo y al consumo del producto.Por otro lado, el acceso a personas desconocidas es un riesgo para el cultivo, ya que pueden dañarlo mecánicamente, contaminar el suelo o bien, adicionar químicos que puedan alterar el rendimiento del producto, y volverlo no apto para el consumo humano.

El manual indica el estado y las condiciones que se deben tener en los alrededores de la zona de cultivo y en el interior de la zona. Explica que es necesario restringir el paso a personas ajenas y animales mediante una cerca perimetral y vías de acceso para el tránsito controlado. Se muestran las consecuencias como el daño al cultivo y la contaminación fecal. También se indica que no debe haber basureros, letrinas, ganado o aboneras cercanas a la zona de cultivo ya que pueden ser fuente de contaminación.

Las malezas, empaques de alimentos y residuos de comida son fuente de atracción de plagas. Por ello, se les explica por qué el cultivo debe estar libre de estos, así como la forma de preparar el terreno del cultivo, pues su mala preparación ocasiona que las hormigas y cochinillas

se reproduzcan y aniden en algunas partes de las plantas. Es por eso que se continúa con la segunda parte que consiste en la preparación adecuada del área de cultivo.

3. Preparación de suelo para cultivo. Debido a que la comunidad se encuentra ubicada en una región montañosa, los pobladores se han visto obligados a practicar la agricultura en terrenos con diferentes pendientes de inclinación. En cuanto a la preparación del suelo, previo a la siembra, los agricultores queman la zona que se va utilizar y emplean la ceniza como parte del suelo. Realizan una limpieza muy superficial y desde un inicio, preparan los surcos de tal forma que el cultivo está orientado en dirección a la pendiente del terreno. Cultivar de esta forma aumenta la lixiviación de los compuestos del suelo, lo cual reduce la absorción de nutrientes y aumenta el lavado de los contaminantes hacia el río y pozo de agua ubicado en la parte baja de la montaña. Cabe mencionar que algunas casas y letrinas se encuentran ubicadas en la parte alta de la montaña, por ende, son fuente de contaminación para el cultivo y las fuentes de agua por igual.

Los agricultores se encuentran capacitados sobre el manejo adecuado y elaboración de compost o abono orgánico. Entre los materiales que utilizan para su elaboración se encuentran la tierra, residuos orgánicos como hojas, frutas o restos de cultivos cosechados y estiércol de vaca. La elaboración tarda de 3 a 4 meses. El manual describe cómo se debe seleccionar y preparar el suelo donde se pretende cultivar. En este caso, la agricultura se desarrolla en terrenos inclinados que no han sido bien aprovechados, por la forma inadecuada de sembrar. Se sabe que los agricultores de la comunidad siembran en dirección a la pendiente, lo que aumenta la lixiviación y afecta el cultivo. De esta forma, el manual explica la importancia de aplicar las curvas a nivel y sembrar en forma perpendicular a la pendiente del terreno. Se expone que no solo reduce el lavado o lixiviación de la tierra, sino que también permite un mayor aprovechamiento del agua para el cultivo.

La comunidad ya cuenta con el conocimiento de la elaboración y aplicación del abono. Pero se incluye la descripción de cada compuesto que el abono contiene, como el estiércol animal, lombrices, tierra y material vegetal. Para la inocuidad del cultivo se indica que el área para prepararlo debe estar a una distancia mínima de 25 m. Para aquellos que aun no conocen o no tienen claro el proceso de elaboración del abono orgánico o compost, se describen los pasos para elaborarlo y utilizarlo previo a la siembra. Finalmente, se indica que es de suma importancia llevar un registro de las fechas del proceso de elaboración del abono y su aplicación.

4. Cuidado y uso del agua. Como bien se mencionó antes, las fuentes de agua son dos dos pozos y un río ubicados en la parte baja de la región montañosa. Se observó que las fuentes están expuestas al acceso de cualquier persona o animal. Los animales pueden contaminar el agua al beber de ella o bien con residuos fecales. De igual forma, las personas podrían bañarse en el lugar y orinar o defecar en los alrededores. El agua del río es utilizada mayormente para lavar la ropa y bañarse. Mientras que el agua de los pozos para lavar ropa y ser llevada en tinajas, para cocinar o beberla.

Debido a que Izabal es un departamento en el que la lluvia se mantiene constante durante 9 meses del año, el cultivo de la piña no recibe riego por parte de los agricultores. En vez de esto, aprovechan el agua de la lluvia para el riego y, en los meses de menor precipitación, dependen del clima para la obtención de agua. El agua en el pozo no es suficiente para regar las zonas de cultivo y su transporte desde el río a los cultivos es muy complicado y trabajoso. La falta de lluvia en los meses de marzo y abril ocasiona que el producto no se desarrolle adecuadamente y que disminuya el rendimiento.

La tercera parte del manual describe la importancia del cuidado del agua y algunos aspectos que se deben cumplir. Se inicia mostrando las fuentes de agua con las que cuenta la comunidad Se menciona que es necesario proteger los pozos y el río de animales que puedan contaminarlo. De igual manera, se debe mantener las fuentes de agua libres de contaminantes como basura y residuos de jabones utilizados para lavar ropa. Nuevamente se recalca la importancia de que las letrinas, casas, ganado y aboneras no estén cerca de las fuentes de agua porque son posibles fuentes de contaminación.

En esta parte se trata el agua de riego también. La comunidad no cuenta con un sistema de riego actual más que la misma lluvia que se mantiene constante durante 9 meses del año. De esta forma, se les muestra los dos tipos de riego y se indica que el riego por goteo es la mejor opción para su situación y condiciones actuales.

5. Uso de agroquímicos. Los agricultores utilizan agroquímicos en el cultivo de la piña. Durante el proceso de crecimiento se realizan tres fertilizaciones con abono orgánico y en el último mes realizan la aplicación de Ethrel. El Ethrel es un regulador de crecimiento, que poco después de su aplicación, libera etileno dentro de los tejidos vegetales. El etileno es una hormona natural que induce y regula diferentes procesos en las plantas. Actúa en los procesos de maduración, coloración y senescencia en las plantas tratadas (Bayern, 2014).

Los agricultores han notado que al aplicarlo de manera incorrecta, la piña cosechada adquiere un sabor amargo y no puede ser comercializada. Esto ha causado que algunos agricultores no utilicen el químico y su producto no crezca como el de los demás. Para los agroquímicos no hay una bodega destinada al almacenamiento, sino se guardan en las casas de los pobladores. De esta manera, se encuentran al acceso de cualquier persona, siendo un riesgo para la seguridad y salud de los habitantes del lugar.

Los agroquímicos son utilizados para mejorar ciertas condiciones del cultivo. Entre los más comunes se encuentran los fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas y reguladores de crecimiento. El manejo incorrecto de cualquiera de estos puede resultar en alteraciones indeseadas en el producto. (Jordán, 2013). Suelen dejar residuos químicos en los suelos y cultivos donde se aplicaron. En el Caserío Cumbre de San Agustín si conocen sobre el numero de aplicaciones de fertilizantes orgánicos, sin embargo, no llevan un control sistemático. Las personas encargadas de la aplicación de agroquímicos carecen de equipo de protección personal. Para la aplicación utilizan botas y un pañuelo para cubrirse la boca y nariz. De ahí que las personas corran un alto riesgo de intoxicación por exposición.

El manual indica que en caso de trabajar con químicos, es necesario consultar a un técnico sobre cuál agroquímico usar en su situación determinada. También enfatiza en la importancia de leer las etiquetas de los productos, ya que en ellas se encuentra la información completa del químico, su forma de uso, precauciones y recomendaciones en caso de intoxicación. En esta parte, se muestran los colores que tienen las etiquetas de los agroquímicos, indicando lo que significa cada uno de ellos. De igual forma se muestran los pictogramas más utilizados en las etiquetas con su respectivo significado, para que los pobladores comprendan lo que quiere decir cada uno de ellos. También se muestra lo que cada persona debe utilizar para protegerse al momento de su aplicación.

El equipo de protección personal (EPP) sirve para protegerse de cualquier contaminante con el que el trabajador pueda verse expuesto. El EPP consta de gafas, mascarilla, guantes y botas plásticas y un traje impermeable con mangas largas. Es importante tomar en cuenta el material del que las botas, guantes y traje están hechos, ya que al ser de plástico facilita su limpieza y si son de alguna tela esta absorberá el químico y será difícil de limpiar.

Para brindar más seguridad a los pobladores como niños, mujeres embarazadas y ancianos, se resalta lo peligroso que los agroquímicos son para ellos. De esta forma, se indica que los químicos deben ser guardados en un lugar fresco y bajo llave para evitar el riesgo de que alguien no autorizado los utilice. De igual manera, se colocan frases o palabras clave que los agricultores

pueden utilizar para indicar que esa bodega y lo que contiene es peligroso y puede causar daños a la salud.

Por último, se cuenta con tres pasos simples para tratar los recipientes de químicos que se han terminado de utilizar. Cada paso tiene una ilustración donde se muestra el lavado, perforado y desecho de los recipientes. Este método es recomendado por la FAO, en su manual de BPA´s (FAO, 2007). El método consiste en lavar con agua tres veces el interior del recipiente, para remover los residuos químicos que aun tiene. Luego, se debe perforar el recipiente para asegurarse que nadie lo vuelva a utilizar para llevar algo en su interior. Finalmente, se guarda en una bolsa y se envía al centro de acopio de desechos químicos de cada región.

6. Salud e higiene. Para los pobladores de San Agustín es difícil mantener una buena higiene personal, debido a la escasez de agua. Las personas de la comunidad se bañan y lavan su ropa a la orilla del río, pero no todos los días. Además, desconocen sobre la importancia del lavado de manos.

Izabal es un departamento muy afectado por las enfermedades gastrointestinales, las cuales se pueden relacionar con las prácticas sanitarias en la elaboración de los alimentos que se consumen. Las personas encargadas de la cocina en las casas, generalmente las mujeres, no conocen las Buenas Prácticas de Manufactura y mantienen una higiene personal inapropiada. Lo mismo sucede con los agricultores al momento de cosechar el producto, porque desconocen las Buenas Prácticas de Manufactura y las Buenas Prácticas Agrícolas.

En el pueblo de Morales se dan charlas sobre el uso adecuado del agua y sobre cómo proteger los recursos naturales. Pero son pocos son los pobladores de San Agustín que asisten a estas actividades debido a que no muestran interés en el tema. (Jordán, 2013). Por si fuera poco, carecen de servicios médicos cercanos que los apoyen en caso de emergencia o problemas de salud. Tampoco cuentan con servicios telefónicos que faciliten la comunicación con otros poblados. Cuentan únicamente con un botiquín y teléfonos móviles personales. Por esta razón, el manual muestra las condiciones de salud e higiene que los trabajadores y demás pobladores deben tener y lo que necesita hacer para mantenerse sanos. Se muestran los servicios básicos para ayudar a proteger la salud, por ello demanda que tengan consigo un botiquín que permita atender alguna necesidad médica básica, además de un teléfono celular con números de médicos y servicios auxiliares para emergencias graves.

Se indica que las personas necesitan participar en las jornadas de salud del municipio de Morales, y que pueden asistir al centro de salud donde serán atendidos sin necesidad de ir a

algún hospital. Para asegurar la inocuidad del cultivo, se muestran las condiciones correctas que para la recolección del cultivo. Se resalta la importancia de bañarse, usar ropa limpia y lavarse las manos. En caso de que tengan las manos golpeadas, se les pide que utilicen el EPP para no contaminar el producto. El Equipo de Protección Personal permite que la persona con heridas no tenga contacto directo con el producto o material que esté utilizando durante algún proceso agrícola como la recolección.

Finalmente, se indican los momentos en los que deben lavarse las manos junto con los pasos que deben seguir para realizar un buen lavado de manos. El lavado de manos no es algo que se practica con frecuencia en la comunidad ya que no cuentan con chorros o un sistema de suministro de agua.

7. Instalaciones y servicios. La comunidad no cuenta con un sistema de suministro de agua potable, los pobladores caminan a las fuentes naturales para obtener este vital líquido. Es absolutamente necesario tener letrinas para que las personas puedan realizar sus necesidades allí y no en los alrededores del cultivo. Sin embargo, las letrinas no disponen de sistema de drenaje, por lo tanto, todos los residuos y contaminantes de los hogares y letrinas son lixiviados en el suelo, hasta las partes medias y bajas de las montañas. Además, las letrinas están en mal estado sanitario y algunas se encuentran ubicadas cerca de las zonas de cultivo; siendo fuentes de contaminación del suelo.

El manual menciona las instalaciones que debería contar la comunidad para una agricultura en desarrollo. Se muestran las casas, sanitarios o letrinas, fuentes de agua, corrales para ganado, aboneras, basureros y bodega de agroquímicos como áreas que la comunidad puede contar fácilmente si se organiza y trata de implementarlas. En esta parte se resalta la importancia de que los basureros se encuentren mínimo a 20 metros de distancia del cultivo ya que podrían ser una fuente de contaminación. También enfatiza en el cuidado del recipiente utilizado como basurero, para evitar que contenga líquidos y pueda así contaminar el suelo a su alrededor.

8. Manejo post cosecha. El manejo post cosecha es de suma importancia por ser un punto crítico dentro de la producción agrícola en donde el producto puede sufrir daños irreversibles, contaminarse y perder su calidad por el mal manejo. Sin embargo, los agricultores, aunque cuentan con herramientas en buen estado, estas no son las adecuadas para la cosecha de la piña, pues son machetes, piochas y cuchillos.

Al cosechar el producto, los cortadores no tienen suficientes recipientes limpios, y colocan el producto en el suelo y bajo el sol, mientras terminan de recolectar el resto. Esta acción ocasiona

que sufra cambios en su apariencia y corre el riesgo de contaminarse y golpearse con facilidad. El producto cosechado se manda en costales, por medio de caballo o yegua hacia a carretera, donde finalmente se coloca en un vehículo automotor que lo conduce al punto de venta, es decir, al mercado de Morales, Izabal.

El transporte del producto luego de su recolección, es totalmente incorrecto, al estar en contacto directo con un animal podría contaminarse justo antes de ser vendido al consumidor. Este problema surge principalmente porque el camino es de tierra y no permite el ingreso a vehículos que lo trasladen directamente al punto de venta. Es por eso que el manual menciona el cuidado que requiere el transporte del producto y la importancia de que no se traslade junto con animales u otros alimentos, porque la contaminación cruzada puede ser un factor que influya en la inocuidad del producto.

Los agricultores desconocen las condiciones adecuadas para manejar el cultivo al momento de su recolección. Cabe destacar que el manejo post cosecha permite que tras la recolección, el producto no sufra daños mecánicos y no se contamine por un manejo inadecuado al ser transportado. El manual muestra las condiciones necesarias para la apropiada recolección, tales como tener manos limpias, uñas cortas y el pelo recogido. Se expone que en este momento no se debe fumar, beber o comer alimentos para evitar la contaminación del producto. También muestra las herramientas que han de usarse, la importancia de su limpieza, y la necesidad de un recipiente limpio para la recolección del producto.

9. Registros. Si bien es una comunidad pequeña, es necesario el control de procesos para comenzar a involucrarse en un mejor mercado y ser más competente en la región. Pero los pobladores no tienen datos del terreno ni de las fechas importantes de siembra, recolección y aplicación de agroquímicos. Tampoco hacen uso de registros para llevar un historial y el control de la producción o del transporte final.

La última parte del manual trata de introducir a los agricultores al hábito de anotar todo lo que realizan durante el proceso de producción de los cultivos. Se indican algunas prácticas importantes en las que se debe llevar un registro tales como en siembra y recolección; datos de los agroquímicos y sus fechas de aplicación; cantidad de producto cosechado y rendimientos de cada siembra. También se muestra el formato de los registros para el control de preparación de abono y de procesos en el terreno de cultivo.

La evaluación muestra la clara falta de Buenas Prácticas Agrícolas, en el caserío Cumbre de San Agustín. Las plagas y enfermedades en el cultivo, el mal manejo de agroquímicos,

intoxicaciones y alteraciones en la salud de los pobladores, y los bajos rendimientos de la piña son algunas consecuencias. La implementación de este manual trae los beneficios de educar a las personas y llevarlos a un nivel superior de conocimiento sobre agricultura, higiene personal y concientización del medio ambiente. A largo plazo el rendimiento del cultivo se podría ver aumentado, la calidad del producto se reflejaría en el mayor tamaño y mejores condiciones organolépticas del producto. La contaminación de los suelos se vería disminuída por el mejor manejo de agroquímicos y buena preparación del suelo. La lixiviación de contaminantes tóxicos se reduciría y las fuentes de agua se verían menos afectadas por el lavado de los contaminantes. Finalmente, los agricultores pueden proveer un producto de mayor calidad que les permitiría abrirse campo a mejores mercados donde la exigencia es mayor. Esto ayudaría al desarrollo económico de la comunidad, siendo productores más competentes y profesionales.

10. Propuesta de riego para el cultivo de piña A. comosus del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal. La utilización de un sistema de riego en el cultivo de piña ofrece varias ventajas y beneficios para los trabajadores. Posibilita la producción en zonas consideradas de riesgo climático y permite producir fuera de época. Esto le da un valor agregado al producto, debido a que se tienen mejores precios fuera de época. De la misma forma, el riego garantiza una buena producción y mejor calidad de frutos (ABC Rural, 2012).

Cuando el agua se aplica en el momento y la cantidad adecuados, los frutos crecen y se desarrollan con todo su potencial. Esto asegura la comercialización, debido a la calidad de la fruta. De esta forma, los estudios anteriormente mencionados justifican al riego por goteo, como la opción más adecuada para las condiciones de la comunidad de San Agustín, no solo por la escasez de agua, sino porque este sistema asegura la eficiencia del agua y un mayor rendimiento del producto, con respecto al volumen suministrado de este vital líquido. La Figura 112 muestra el instructivo para la elaboración del sistema. Cabe mencionar que la propuesta también consideró criterios ecológicos y económicos de la comunidad.

Los materiales utilizados para la elaboración del sistema de riego por goteo cumplen con el criterio de la utilización de tecnologías apropiadas para la solución del problema. En este caso, los materiales son reciclables y el agua que se utilizaría para el riego se tiene previsto que se obtenga del almacenamiento para agua de riego, descrito en el módulo de Captación y almacenamiento de agua de lluvia.

El costo de un sistema de riego por goteo para una planta es de 0.08 centavos, que incluye gastos en la compra de dos hisopos de repuesto que se utilizan al desgastarse el algodón en la parte interna de la botella, todos los demás materiales se podrán reutilizar. El costo por manzana es equivalente a 0.70/ha, para un total de Q.1,680.00 tomando en cuenta una densidad de

30,000 plantas/ha. En San Agustín, los terrenos para cultivo son de diferentes áreas, siendo mayormente de media manzana, de esta forma, el costo se reduce a la mitad. Sin embargo, cabe destacar que el costo es muy variable por la densidad de siembra.

11. Análisis físico y químico de Piña (*A. comosus*). La apariencia física se evaluó tomando en cuenta el alto, ancho y circunferencia del fruto, al igual que el largo de las hojas y el peso del fruto con y sin hoja. La apariencia física es importante para el consumidor ya que la primera impresión que se tiene del producto es por medio de ésta. Se observó que la forma de la mayoría de los frutos es ovalada, y que algunos poseen una altura menor que le da una apariencia más esférica y poco común en la piña. Al comparar estos resultados con los parámetros, se pudo clasificar la piña por su peso y tamaño según el CODEX STAN 182-1993. Se puede decir que la piña es de calibre F-G, que se encuentra entre los rangos de 1000 a 830g sin corona.

La denominación en el mercado de la piña es de tamaño mediano (deGuate, 2014). Sin embargo, se venden por pequeñas y grandes al ser su altura la mayor diferencia. Las características por tamaño y peso se pueden ver en el Cuadro 63 Si bien, el promedio de la altura de la piña de la comunidad se encuentra por debajo de los 15 cm., siendo esta un defecto en el crecimiento del fruto porque cumple con el rango de peso y ancho en la categoría mediana no así con su altura, lo cual reduce su precio de comercialización.

Se evaluaron los golpes y defectos de las piñas. El 9% de las piñas se encontraron con algunos golpes o defectos en su forma, por lo tanto, no se venden y representan pérdida para los agricultores. El producto que no es aceptado es consumido por los pobladores o bien utilizado como parte del abono orgánico. Los defectos en la piña se evaluaron tomando en cuenta los aspectos mencionados por el CODEX STAN 182-1993. De acuerdo a estos aspectos se puede clasificar la piña de la comunidad en Categoría II, esta es la categoría más baja de calidad aun aceptable para su comercialización.

La Categoría II permite defectos de forma, coloración, manchas producidas por sol y defectos en cáscara que no superen el 8% de la superficie total. Algunos defectos encontrados en las piñas fueron golpes, puntos negros, daños por herramientas, pedúnculos mal cortados y partes podridas que pueden observarse en el Figura 113. Se observó la parte baja del fruto, en el cual aun se encuentran partes del pedúnculo que no fueron removidas. Si bien, el Codex menciona que la longitud del pedúnculo no deberá ser superior a 2.0 cm, y el corte deberá ser transversal, recto y limpio; algunas de las piñas que tienen pedúnculo sí cumplen con la longitud máxima. Por otro lado, se muestra una piña que ha sido golpeada por el mal manejo post cosecha. Los golpes

pueden surgir porque se cae el producto de una parte elevada, lo lanzan o se golpea en el transporte. Se puede ver que la piña es de una coloración amarillenta en la parte derecha y en la parte izquierda tiene una coloración gris debido a la podredumbre. Cabe mencionar que los golpes también ocasionan que el fruto pierda rigidez.

Se pueden ver los daños que ocasiona el uso de herramientas inadecuadas, con filo o punzo cortantes, pues rompen la estructura del fruto. Se muestra un agujero ocasionado por un gancho y cortes ocasionados por cuchillos o machetes al momento de la recolección. La materia extraña es otro de los aspectos mencionados en el Codex, esta puede ser algún contaminante que no sea propio del producto, por ejemplo, se encontró una piña con trozos de pita sobre la cáscara.

Las coloraciones de cáscara observadas son desde un tono amarillo verdoso, hasta un amarillo oscuro para los frutos más maduros y con mayor tiempo de haber sido cosechado. Se utilizó una escala de 1 a 7, para evaluar las piñas, y el resultado las ubica entre 4-6. De igual forma, se observaron manchas en algunas de las hojas del producto, estas son causa de diferentes enfermedades que alteran el fruto y lo degradan con mayor velocidad, dándole una apariencia indeseada por el consumidor.

Las propiedades fisicoquímicas evaluadas fueron los sólidos solubles (º Brix) y el pH de la pulpa. El Cuadro 63 muestra el promedio de sólidos solubles (16.0 ±1.1) y el pH (4.31 ±0.22) de las piñas de La Cumbre. Los grados Brix son un indicador del contenido de azúcares y el sabor dulce de la pulpa de piña. El valor obtenido indica la concentración de sacarosa en la solución de un líquido, siendo esta la fuente del sabor dulce en el alimento. El pH de la pulpa está directamente relacionado con el contenido de ácidos orgánicos presentes. El ácido cítrico es el ácido orgánico más común que contiene la piña.

Según la Norma del Codex para la piña, el valor mínimo de grados Brix debe ser de 12, siendo el promedio 16.0 y el rango de las muestras evaluadas de 13 a 18 grados. De esta forma, la piña de la comunidad sí cumple con el mínimo requerido. Por ser un producto no climatérico se debe tomar en cuenta que la coloración externa cambia luego de ser cosechada, pero sus propiedades fisicoquímicas como los sólidos solubles se mantienen estables.

Si la piña se cosecha antes de su madurez fisiológica, el contenido de sólidos solubles será menor a 12 y esta no podrá madurar luego de ser cosechada. Al tener 16.0 grados Brix, se puede deducir que la piña se cosechó en el tiempo correcto permitiendo también que se dé su madurez organoléptica, siendo este el estado en que el producto puede ser consumido. Los

resultados obtenidos se compararon con los requerimientos establecidos en el CODEX STAN 182-1993- Norma del Codex para la Piña y se utilizaron para elaborar una ficha técnica de la piña del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

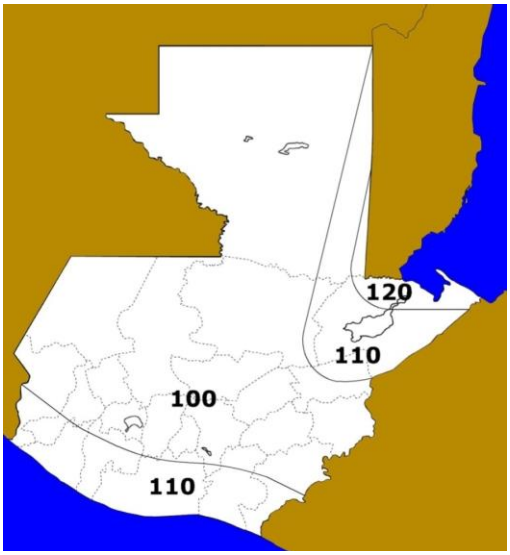
Finalmente el Cuadro 64 muestra las características generales y descripción de la piña evaluada. Se indican sus cumplimientos y clasificaciones según el Codex Stan 182-1993. Cabe mencionar que el tamaño de la piña es de los mayores defectos que se encontraron al realizar la evaluación, ya que sí cumple con las medidas de ancho y peso pero no con la altura adecuada, causa de la forma esférica y no ovalada tradicional de una piña.

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA, PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS, ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La vivienda cuenta con un sistema de vigas principales y costaneras para soportar el peso de la cubierta, el agua y las presiones del viento. Se utilizaron varios códigos de diseño para llevar a cabo el dimensionamiento de los miembros estructurales, para garantizar la seguridad estructural de la misma y poder alcanzar los objetivos del proyecto. Las costaneras fueron diseñadas para soportar carga viva, cargas de viento y su propio peso, siendo de 460 N/m^2, 190 N/m^2 y 5 N/m^2 respectivamente (ver Cuadro 65).

Se debe notar que según ASCE 7-10 una carga de viento mínima permitida es de 16 lbf/ft^2, lo cual equivale a 766.08 N/m^2. Esta carga mínima se consideró para ser conservador y garantizar que la vivienda resista en su cubierta los vientos de esta magnitud. Según NSE 2-10 (Normas de seguridad estructural, AGIES 2010) en el Capítulo 5, se tiene un mapa para la velocidad promedio de vientos registrados en distintas partes de la República de Guatemala, y para la zona de interés los vientos son de 110 km/h (Figura 187). Esto dio como resultado,en los cálculos de costaneras (también llamadas vigas secundarias) una presión de remanso de 573 kN/m^2 la cual sirvió para hacer el cálculo de la presión real sobre la vivienda, según los lineamientos de ASCE 7 capítulos 26 y 28 con el procedimiento de envolvente.

Figura 187. Mapa de zonas de velocidad básica del viento para la República de Guatemala



Fuente: AGIES

La integración de las cargas fue llevada a cabo con las combinaciones de carga dadas en la sección 1607.9.1 de IBC 2009 y con base en el ASD como método de integración de carga. La carga dominante 1722 N/m^2. Tomando en cuenta que el largo total de cada costanera era de 1.25 m y su espacimiento sería de 1 m, se consideró un ancho tributario de 1.03 m, con lo cual se consiguió calcular la carga distribuida sobre cada costanera, siendo de 1773 N/m.

El esfuerzo flexionante admisible para la madera de laurel es de 34 MPa, pero a este se le debió aplicar los factores de correción (ver Cuadro 68) teniendo como resultado un esfuerzo flexionante admisible de 30 MPa. Comparado con el obtenido, que fue de 14 MPa, se obtuvo una relación de demanda versus capacidad de 46.6% (Cuadro 68) con un área transversal de 3.81 X 6.35 cm. para el análisis de esfuerzo en corte. Se observó que el corte en estos elementos es mínimo, debido a la carga tan baja que tienen, y sabiendo que no es el efecto dominante para el uso de estos elementos estructurales, obteniendo un esfuerzo de 0.7 MPa, y comparándolo con un esfuerzo de corte con factores de correción aplicados de 0.903 MPa se obtuvo una relación de demanda versus capacidad de 76.1%.

El rendimiento de las costaneras para deflexiones fue mayor a la esperada, teniendo la restricción de deflexiones máximas admisibles según ASCE 7-10 de 3.472 mm y 5.208 mm para carga viva y carga muerta respectivamente. Se obtuvo una deflexión debido a cargas vivas de 1.379 mm y una deflexión de carga combinada viva+muerta de 3.449 mm, dando como resultado una relación de demanda capacidad de 99.3% para la combinación de carga viva+muerta, quedando entonces en el límite de su capacidad como se observa en el Cuadro 71 .

Debido a que la madera es un material orgánico y ortotrópico, los esfuerzos en las fibras no son iguales, por esta razón para este análisis se comparó el esfuerzo de compresión de las costaneras en el plano perpendicular a la fibra de la madera con factores y sin factores, ya que es en este plano donde se aplica la carga y la madera puede sufrir aplastamiento en sus apoyos debido a la compresión. Se observa en el Cuadro 70 que el el esfuerzo de compresión admisible perpendicular a la fibra de la madera de laurel es de 4 MPa, y con sus respectivos factores de correción aplicados se reduce a 3 MPa, y lo que se demanda es que el esfuerzo de compresión corregido sea menor al esfuerzo nominal, por lo que este chequeo pasó la prueba.

La distancia de soporte mínima requerida de las costaneras sobre las vigas principales fue de 1.08 cm, por lo que se tuvo el cuidado que al momento de dimensionarlas se pudiera cumplir con este requisito para que tuvieran el suficiente apoyo. Las vigas principales se diseñaron con los mismos parámetros y guía que las costaneras, y se obtuvo una carga dominante de 1119 N/m^2. Al considerar que el espaciamiento entre estas sería de 1.10 m y tendrían un largo de 3.3 m, se pensó en una franja de diseño del mismo valor, con lo cual se calculó la carga distribuida sobre las mismas, que fue de 1242 N/m. En el Cuadro 76 se observa que el análisis estático resultó en un esfuerzo flexionante de 4 MPa y comparado con el esfuerzo flexionante admisible y corregido que fue de 30 MPa, se consiguió una relación de demanda versus capacidad de 12.3% con secciones de 6.3 X 13.97 cm.

El análisis de esfuerzo cortante en el miembro tuvo un rendimiento inferior al 33.2% en su relación de demanda, por lo que las vigas están muy por debajo de su capacidad total de soportar cargas según se indica en el Cuadro 77, lo que significa que están dentro del marco de la seguridad. Para el análisis de deflexiones se obtuvo valores de 6.85 mm para la deflexión debido a carga viva y 6.94 mm para la combinación de deflexión debido a carga viva+carga. Con estos resultados de deflexiones que sufrirían las vigas, se obtuvo una relación de demanda versus capacidad de 54.8% versus 83.4% respectivamente. La distancia de apoyo mínima requerida sobre los páneles de la vivienda por las vigas principales fue de 1.09 cm, por lo que esta medida se tomó en cuenta para dimensionar el ancho de cada panel y que las vigas principales tuvieran suficiente área para asentarse.

Respecto al diseño de páneles, debido a la configuración que se les quiso dar, se utilizó el enfoque de diseño segmentado, es decir, que se analizó cada panel por separado, y se distribuyó la fuerza en cada uno. Se realizaron varios chequeos para diferentes efectos que sufren los páneles debido a distintas fuerzas, para que la vivienda fuera segura ante fenómenos naturales. Se hizo un diseño de páneles resistenes a fuerzas de viento y a fuerzas sísmicas. Se buscó que cada panel cumpliera con una relación gemométrica de h/w que es la razón de su

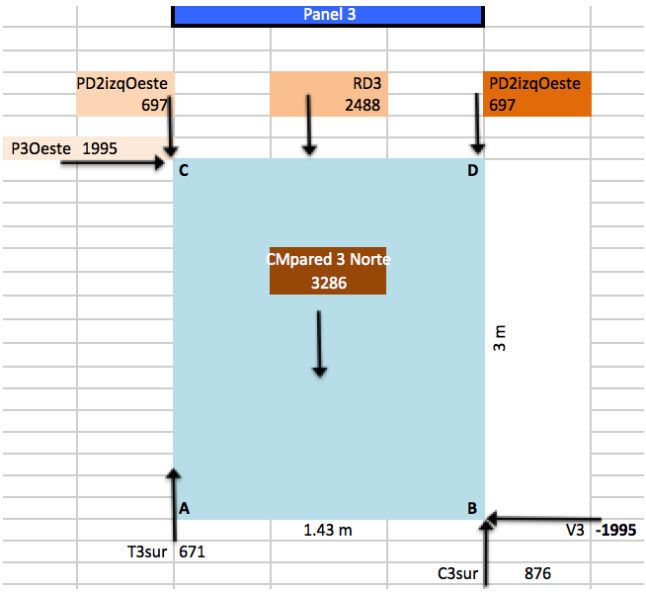
altura por su ancho. Esta razón debería ser menor a 3.5 (Abi Aghareye 2007:220) por lo que en etapas tempranas del diseño se tuvo que modificar el espacio que subsistía entre cada ventana para procurar que estas no quedaran en las esquinas. Los parámetros y lineamientos a seguir para que el diseño de los páneles fuera resistente a fuerzas de viento se hizo siguiendo el código ASCE 7-10, el método de envolvente, y a través del cálculo igual al de las costaneras, con lo cual se calculó una fuerza de viento de 50 N/m^2.

La fuerza obtenida fue mucho menor a la mínima requerida por el código ASCE 7-10, por lo tanto, se utilizó la fuerza mínima de 766.084 N/m^2, que debía distribuirse en cada lado de la vivienda, ya que la fuerza en cada cara sería proporcional al área. En virtud de ello, la distribución se hizo asumiendo que la fuerza sería distribuida como una carga puntual en el centroide de cada panel, a la mitad del mismo, y con fuerzas resultantes de 3622 N y 6659 N para las caras de la casa del lado Este-Oeste y el lado Norte-Sur como se presenta en el Cuadro 99. Se utilizó una gravedad específica para la madera de laurel de 0.38 y se obtuvo un factor de ajuste de gravedad específica de 0.88, el cual debía ser menor a 1, por lo que el chequeo de este requisito fue positivo.

La capacidad a fuerzas de corte admisibles de cada panel fue de 2954 N/m y se aumentó su capacidad[4] en un 40% ya que el código IBC 2009 lo permite para diseño por fuerzas de viento, con lo cual cambió a 4135 N/m. Se dividió cada panel de cada lado de la vivienda según su orientación norte, sur, este u oeste y a cada uno se le asignó un número para diferenciarlos. Al hacer la distribución de fuerzas de viento, en cada lado de la vivienda, se constató que los páneles más grandes eran los que más carga recibían, siendo los páneles de los lados cortos los que eran sometidos a fuerzas mayores de tensión-compresión en sus cordones, con una fuerza máxima de 1995 N en el panel #3 de la cara oeste de la vivienda. Al estar sometidos a fuerzas de viento, cada panel debería soportar fuerzas de levantamiento (tensión,) por lo que se procedió a verificar, por medio de estática, la tensión y la compresión de cada uno de ellos mediante un análisis de fuerzas y momentos, y con la ayuda de diagramas de cuerpo libre.

[4] Ver memoria de cálculo en anexos C.1..

Figura 188. Diagrama de cuerpo libre para uno de los páneles (Fuerzas en Newtons y corte V en N/m.)



Fuente: Elaboración propia

En la mayoría de casos, debido a que la fuerza era muy baja, los páneles no sufrieron de levantamiento, pero en algunos casos era evidente que sí, debido a que sus vectores de fuerza eran positivos. Estas fuerzas fueron tomadas en cuenta para el posterior diseño de los pernos de anclaje de los páneles, de los que se discutirá más adelante. El corte que sufrió cada panel debía ser menor al corte admisible, y en efecto, se pudo ver que fue así para el chequeo de fuerza de corte en cada uno.

Para el diseño sísmico se tomaron en cuenta parámetros exigidos por NSE 2-10 y se le dio una clasificación ordinaria debido a que no era de carácter escencial y su uso sería residencial, con una probabilidad de exceder el sismo más extremo en un 2% en 50 años. En el Cuadro 91 se observa que el suelo fue asumido como clase D, siendo un suelo duro, ya que en la zona el suelo es bastante sólido y con bastantes formaciones rocosas. Sin embargo la determinación de la dureza del suelo y su capacidad portante, sobrepsan el alcance de esta investigación.

Los parámetros de aceleración espectral para períodos cortos y períodos largos fueron 1.3 g y 0.75 g respectivamente y los parámetros de aceleración de diseño fueron 0.86 g y 0.5 g para la respuesta de aceleración espectral para períodos largos y para cortos respectivamente. La categoría de riesgo utilizada fue de II ya que según ASCE 7-10 la vivienda no está en las categorías I, III ni IV. Los páneles funcionarían como muros de corte en ambos sentidos, por lo

que la clasificación sismica de estos, como sistemas de resistencia lateral, sería la de *páneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte*. Y debido a que para ambos sentidos X y Y se utilizaría el mismo sistema de resistencia, los coeficientes serían los mismos, siendo el coeficiente de modificación de respuesta R_x y R_y igual a 6.5, el factor Cd con un valor de 4 y el factor de resistencia Ω_o sería 3.5. En la integración del peso sísmico de la estructura, el cual aportaría la fuerza resistora ante el sismo, se obtuvo un valor de 150 kN o su equivalente a 33721 lb de fuerza. El peso efectivo sísmico de la estrucutra fue de 158 kN o su equivalente a 35519 lb-fuerza.

En los cuadros 93 y 95 se ve que la distribución de la carga sísmica, en ambos ejes X y Y, se hizo con un período de vibración de la estructura aproximado, debido a que esta es muy baja y el código ASCE 7-10 permite aproximarlo cuando las estructuras son menores a 12 niveles. En el caso de esta vivienda su período fundamental sería muy bajo, por lo que fue razonable aproximarlo y dio como resultado 0.158 seg. El factor de distribución sísmico Cv fue de valor igual a la unidad para ambos sentidos, ya que en ambos se tenía el mismo sistema de resistencia lateral, por resultado se obtuvo un valor de coeficiente de respuesta sísmica igual a 0.133 para ambos ejes de igual forma. En los cuadros 97 y 98 se observa que el corte basal obtenido fue de 21 kN en ambas direcciones, lo que significó que la vivienda recibiría una fuerza de sismo equivalente a 4720 libras-fuerza. Este valor se distribuyó en el total de muros de la vivienda, ya que cada uno soportaría una fracción de la fuerza de corte al igual que en el análisis de viento. Como resultado se obtuvo un corte basal por muro de 7 kN o el equivalente a 1573 lb-fuerza.

Se realizó el mismo procedimiento de análisis estático que en el diseño por viento para poder determinar el corte al que estaría sometido cada muro. Se decidió dejar un espaciamiento de 16 in entre cada puntal de los páneles, para que la fuerzas debidas a los efectos del sismo y viento fueran menores, y cada panel tuviera la rigidez suficiente.

Al tener las fuerzas determinadas se procedió a dimensionar los puntales y los dinteles de los páneles, y se obtuvo dimensiones de puntales de 5 X 10 cm y en dinteles 6.35 X 13.97 cm. Es de notar que los dinteles tuvieron un área de sección transversal mucho mayor porque la carga que soportan es mucho mayor, y estos a su vez servirían como embreizamiento a los puntales verticales ya que varios eran bastante largos y susceptibles a pandeo. Entonces, los dinteles no sólo estarían en las ventanas y puertas, sino corridos a todo lo largo del muro, para controlar el pandeo en el plano débil de los puntales. Es importante resaltar que la vivienda contaría con tabloncillos como fachada exterior y muros interiores, por eso no se podía considerar y garantizar

que funcionarían como diafragmas rídigos en cada panel, de ahí la necesidad de correrlos a lo largo de todo el muro, en cada lado de la vivienda.

Para garantizar la estabilidad y rigidez de cada puntal se realizaron cuatro chequeos de diseño, estos fueron: compresión en el área neta, compresión en el área gruesa, flexión pura, y flexo-compresión. Para la compresión en el área neta se utilizó la combinación dominante normalizada, es decir, la carga mayor resultante de dividir todas las combinaciones de carga dentro de un factor de duración de carga para varios casos, y se asumió el área transversal neta de cada elemento vertical igual al área gruesa, ya que los puntales estarían conectados únicamente con clavos y no con pernos de conexión, por lo que el área que ocuparían estos sería muy pequeña para considerar un área gruesa distinta del área neta. El esfuerzo de compresión axial aplicado en el área neta debía ser menor al esfuerzo admisible de compresión, ambos paralelos al grano. Se calcularon ambos esfuerzos, obeteniendo resultados de 0.451 MPa y 224 MPa para el esfuerzo de compresión axial aplicado y el esfuerzo de compresión axial admisible respectivamente. Se pudo determinar que el esfuerzo de compresión en los extremos de los puntales es muy bajo, ya que las cargas gravitacionales que reciben no son muy altas, por lo cual este chequeo no domina el análisis para el dimensionamiento de los miembros.

La compresión en el área gruesa, en la parte media del puntal y la esbeltez del miembro, fue el segundo chequeo a realizar. Se consideró de igual forma la carga crítica normalizada como en el primer chequeo, y la carga axial aplicada obtenida de 0.451 MPa. Pero también se chequearía el esfuerzo de compresión perpendicular al grano de la fibra de madera. Como el área gruesa y el área neta se asumieron iguales, el resultado de este esfuerzo fue el mismo que en el primer chequeo, y dio por resultado 0.451 MPa. La longitud no embreizada en el eje X-X fue de 3.05 m y 0 para el eje Y-Y porque en el primer caso no existián elementos intermedios en los puntales que embreizaran los mismos.

Lo contrario sucedió en el eje Y-Y ya que estos fueron asumidos como embreizados totalmente por los tabloncillos que funcionarían como fachada de la vivienda, aunque de igual forma se podrían colocar páneles y funcionaría como su embreizamiento. La relación de esbeltez del miembro fue de 34.30 para el eje X-X y 0 para el eje Y-Y, sabiendo que NDS límita esta relación a 50, por lo cual se obtuvo un resultado positivo. La relación de esbeltez mayor fue la del eje X-X significó que cada puntal sería vulnerable a pandeo respecto a este eje, por esa razón no funcionarían como diafragmas rígidos, por lo que fue necesario colocar los elementos de los dinteles a lo largo de cada muro, debido a la altura y la longitud de los mismos. El esfuerzo crítico de Euler obtenido para el eje X-X fue de 4 MPa y el factor de estabilidad para el chequeo

de esbeltez fue de 0.023, tomando como valor de interacción 0.8 debido a que la madera a utlizar sería aserrada.

El siguiente efecto a considerar en los elementos de los puntales fue el de flexión, también ocurrido en la parte media del puntal, debido a que en este punto se generaría un momento flexionante por las cargas axiales aplicadas a cada puntal. El esfuerzo de flexión admisible para los puntales con sus factores de correción correspondientes fue de 868 MPa y comparado con el esfuerzo de compresión al que se verían sometidas las cargas que fue de 7 MPa se pudo determinar una relación de demanda capacidad de 0.80% hasta este punto estaba dentro de un gran margen de seguridad. Finalmente, se realizó un chequeo de combinación de efectos, es decir flexo-compresión para lo cual se consideraron las combinaciones de cargas críticas transmitidas a los puntales que generarían momento en el mismo. Estas cargas fueron la C5, junto con la C6. Se realizó un análisis individual por carga, para determinar la que aportaría un efecto de flexo-compresión más crítico. La carga C5 resultó en un esfuerzo de flexión de 5 MPa para el momento generado por el viento y 12 MPa para el momento generado por una fuerza sísmica, el esfuerzo admisible con factores de corrección incluídos de 868 MPa dejó a el esfuerzo de flexión aplicado por debajo del 1% de su capacidad total por viento, y por debajo del 1.5% de su capacidad total por sísmo. El esfuerzo crítico de Euler se consideró tan solo para el plano no embreizado, es decir X-X y dio como resultado un 4 MPa para ambos casos de carga, viento y sísmo. Para determinar el efecto de flexo-compresión en cada puntal y saber que éste no era crítico, se calculó la interacción de la compresión y de la flexión en una ecuación de interacción, la cual dio como resultado un factor de 0.02, por lo que la combinación C5 no era crítica por ser menor a 1.

Al realizar el chequeo de compresión con la carga C6, se determinó un esfuerzo de flexión de 7 MPa para la carga de viento, y 16 MPa para la carga de sismo. Para el esfuerzo de compresión se determinó un valor de 0.168 MPa para la carga de viento y de sismo. La ecuación de interacción para el caso de carga sísmica dio como resultado un valor de 0.021, y para el caso de la carga de viento el valor fue de 0.01. Al comparar los esfuerzos obtenidos para ambos efectos (viento y sismo) se ve que éste duplica su valor en la mayoría de chequeos, debido a que la carga de sismo calculada fue mucho mayor a la carga de viento.

Para la optimizaciòn de las secciones se realizaron varias iteraciones para el área de seccion transversal, hasta llegar a las más óptimas para cada elemento estructural. Se utilizó la metodología ASD para las combinaciones de carga de todos los casos de diseño, ya que este método es ampliamente usado para el diseño de estructuras de madera (Abi Aghareye 2007:57). En muchas iteraciones se pudo observar que la variación de razones de demanda versus

capacidad era muy baja o nula, sin embargo, la variación en las dimensiones de las piezas sí se vio afectada, y el criterio a seguir fue el de menor área de sección transversal, ya que esto se traduciría a un menor volumen de madera en toda la casa, y en última instancia, en un menor costo de materiales.

Las breizas o elementos diagonales fueron colocadas como elementos auxiliares de estabilidad para los páneles, ya que según todos los cálculos y análisis estos cumplían con la resistencia y estabilidad necesarios para las fuerzas a las que estarían expuestos. Sin embargo, las breizas tendrían la función de transmitir la fuerza sísmica soportada por la solera superior directamente a la solera inferior y a los pernos de anclaje para que estos elementos fueran los encargados de transmitir la energía del sismo al cimiento de la construcción, y de este modo evitar que la fuerza se transmitiera por el resto de puntales del muro. El segundo propósito de estos miembros fue de carácter constructivo, debido a la gran altura de los páneles de las caras cortas y el largo de 10 m de los páneles exteriores de las caras largas, estos podrían tender a desarmarse al momento de levantarlos del suelo para su colocación en la vivienda, y por esta razón las breizas darían una rigidez extra a cada panel. El dimensionamiento se consideró con base al al dimensionamiento de los puntales, siendo las breizas de menor dimensión, de 5.08 X 3.55 cm (2” X 1.4”) para que pudieran atravesar cada puntal.

Los conectores a utilizar en la solera inferior de los páneles fueron diseñados para soportar esfuerzos de corte y evitar su levantamiento ante las fuerzas del viento. En el Cuadro 112 se observa que serían conectores de 1.27 cm (½ pulgada) de diámetro y de una longitud de 20 cm para la solera inferior de los páneles exteriores y de 5 cm para la solera inferior de los páneles interiores de la vivienda, debido a que dentro de la misma se contaría con una losa de piso de 7 cm de espesor, por lo tanto, no sería posible embeber en el concreto conectores mayores al espesor de la misma. Se realizó el chequeo de fuerza de tensión máxima y fuerzas de corte máxima a la que estarían sometidos, y se determinó que los conectores críticos son los de los páneles externos, pues recibirían la directamente carga de viento, y dentro de la vivienda el efecto se vería reducido. La fuerza máxima de corte sufrida por cada conector sería de 2099 N, equivalente a 472 lb de fuerza, y el valor admisible de esfuerzo de corte en el diseño fue de 2587 N o 582 lb de fuerza. Cabe destacar que para calcular el valor admisible de corte los factores de correción utilizados fueron diferentes, algunos de ellos utilizados solamente para este diseño, ya que la función es diferente a la de otros elementos estructurales. La fuerza de tensión máxima a la que estarían sometidos los conectores sería de 1963 N, es decir 441 lb-fuerza, y la fuerza de tensión admisible del perno era de 65 Ksi, o 448 MPa, con lo cual se determinó que se encontraban dentro del rango seguro de diseño y soportarían de manera

eficiente las fuerzas, tanto de tensión como de corte. La cantidad de pernos mínima para cada panel fue de 2 y a un espaciamiento máximo de 1.63 m.

El resto de elementos serían conectados por medio de clavos estándar, clasificados como 8d y 20d, con el fin de hacer práctica la construción y el ensamblaje de las piezas en el campo, y de reducir costos. Posterior al análisis de las fuerzas en la estructura, se determinó que es seguro incluir en este diseño clavos estándar, ya que los mismos soportarían los efectos de corte entre los elementos, que serían mínimos y que en el diseño de páneles se estableció colocar los clavos a cada 15.24 cm (6 in) de distancia para garantizar un esfuerzo de corte mínimo[5].

El diseño de la solera perimetral de concreto se hizo con el fin de que sirviera como cimiento principal para la casa, en esta irían embebidos los pernos de anclaje de la solera inferior de la vivienda. Las dimensiones de esta fueron de 38 cm de peralte, por 20 cm de base. Para su dimensionamiento se utilizó metodología LRFD y combinaciones de carga que dieron por resultado 72691 N/m y 61782 N/m, siendo la primera la más crítica para el diseño. El acero de refuerzo a utilizar fue acero con un Fy igual a 414 MPa o su equivalente a 60 Ksi y un Fc para el concreto de 28 MPa o su equivalente a 4 Ksi. Como refuerzo mínimo para la cimentación se requiere 250 mm^2, con 4 barras de acero No. 4 (4/8" de diámetro). La distancia de cada barra al borde del concreto calculada fue de 57.15 cm y la distancia entre barras externas de 260.7 mm. El diseño de esta cimentación se basa en el código ACI-318R-2008. Las dimensiones resultantes de este diseño fueron pequeñas dado que la carga que soportaría la cimentación sería considerablemente baja, tratándose de una casa de peso liviano, comparada con una casa de la misma cantidad de metros cuadrados de construcción en acero o en concreto. Se pudo constatar por las deflexiones, que las dimensiones obtenidas fueron razonables, siendo estas de 0.01 mm para carga viva y 0.06 mm para la combinación de carga viva+carga muerta.

La lámina considerada fue de cinc y aluminio calibre 26, y espesor de 0.45 mm, por ser resistente, comparada con calibres inferiores como el calibre 28. Se evaluaron otros tipos de lámina con materiales más durables como el policarbonato, pero debido a los elevados costos se descartó.

En los cuadros 117 a 119 se observan los volúmenes de material necesarios calculados para la casa: 6 m^3 de arena de río, 8 m^3 de piedrín de ½" y 10 m^3 de concreto; y para la madera, la cantidad total de pies/tablares utilizados en la vivienda fue de 4530. Además de estos materiales, fue necesaria la cuantificación de los clavos, conectores, electromalla, etc. Las canales de la vivienda fueron dimensionadas con base en medidas comerciales, ya que se planteó que fueran

[5] Ver memoria de cálculo, Anexos C.1.

prefabricadas en lugar de fabricadas en el lugar, por el poco acceso a herramientas y por la dificultad para armar cada una en el sitio. Las canales tuvieron dimensiones de 25 X 10 cm y serían conectadas a las vigas principales por medio de conectores o pescantes, que también serían adquiridos en ferreterías cercanas. Estas canales se conectarían a un tubo de P.V.C de 10.16 cm (4") de diámetro, un tamaño de tubo considerado lo suficientemente ancho para transportar el agua.

Parte del diseño de la vivienda también consistió en la redación de un manual de construcción para la comunidad, en un lenguaje sencillo y práctico para que pueda ser leído por la gente del lugar previo a construir la vivienda. Este documento se dividío en 5 capítulos, en el primer capítulo se explica la importancia de una buena construcción para la seguridad de quienes la habiten; en el segundo capítulo se redactaron los pasos generales para la construcción, desde la limpieza del terreno hasta el levantado de los muros y colocación del techo. El tercer capítulo contiene una serie de esquemas extraídos de los planos de la vivienda; y en el cuarto capítulo algunas recomendaciones finales y un listado de los materiales necesarios para la construcción.Es importante resaltar que no se redactó un manual más técnico y específico con términología científica, debido a que podría volverse mucho más difícil su interpretación por falta de dominio en la jerga de ingeniería y el escaso nivel educativo de los receptores, por lo que el contenido se limitó a un lenguaje coloquial y explícito, apoyado con dibujos y fotografías para ejemplificar.

Al diseño se le sumó la inclusión de aberturas, en los extremos, para ventilación. De esta manera se facilita que el aire circule dentro de la vivienda, permite que el aire más caliente suba a la parte alta de la casa y que el aire más frío y menos denso quede en la parte baja. Esto justifica el porqué se decidió hacer el diseño de la vivienda modelo, más alta que las viviendas convencionesles que se observaron en el caserío. La casa cuenta con una altura máxima, hasta su cumbrera, de 4.6 metros, que corresponde al muro central interno de la vivienda; los demás muros divisorios son más bajos para que las habitaciones tengan suficiente ventilación. Con esta implementación se podría tener una vivienda más fresca y contrarrestar las temperaturas tan cálidas del lugar.

Es costo de la vivienda es otro factor importante de resaltar, ya que asciende a Q53,082.47, con un costo por m^2 de Q884.71. Sin embargo, este costo toma en cuenta la madera tratada y aserrada en un aserradero con procesos industrializados, y precios de materia prima comprados en la ciudad de Guatemala. Se asumió para el cálculo del presupuesto precios del mes de septiembre 2014, sin contar mano de obra, sólo materia prima y la maquila de la madera, considerando un precio promedio de Q7.00 por pie tablar. Este último puede conseguirse hasta

en Q5.00 el pie tablar en las cercanías de la comunidad donde este proyecto se implementaría. Pero por el enfoque que se le quiso dar a la investigación, se asumió que la construcción sería llevada a cabo por la misma gente de la comunidad y con la madera del lugar, con sus herramientas propias, sin subcontratación de un tercero que la construyera, ni proveedores de madera. Al evaluar estos factores el costo de la vivienda desciende a Q21,374.70, más aún, este valor podría haber sido menor si los materiales se cotizan en lugares con precios más accesibles. Para el costo no se incluyeron puertas ni ventanas, el valor de estos renglones tendría que sumarse, pero por el enfoque del proyecto se consideró secundario para ser considerado.

Uno de los renglones más fuertes en cuanto a costos de materia prima en la vivienda fue el renglón de tabloncillos para las fachadas de los muros, representando el 29.67% del costo de materia prima total, dejando a la lámina y a los puntales de los páneles en segundo y tercer lugar respectivamente. El precio de la vivienda por metro cuadrado finalmente fue de Q356.25, comparado con viviendas del mismo metraje cuadrado se determinó que el costo de este modelo es suficientemente económico, si se considera que el diseño fue pensado en una vivienda que resistiera fuerzas de viento y sismo, y sobre todo que fuera digna para familias de escasos recursos. Aún podría probarse si la vivienda puede ser más baja, sin restarle ventilación, y con esta modificación reducir el volumen de madera, en consecuencia, el costo final. La vivienda se consideró ventajosa comparada con una vivienda de mampostería, por la rapidez de de su construcción y la versatilidad que se le puede dar al diseño estructural y arquitectónico.

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

Como se estableció en la metodología, lo principal fue recopilar datos sobre las precipitaciones pluviales de Morales, Izabal. En base a los datos proporcionados por INSIVUMEH (ver Cuadro 112 “Datos de lluvia INSIVUMEH”) donde se hace un recuento por mes de los mm de agua precipitada en esta región, para obtener estadísticas sobre la cantidad de mm de agua anuales y comparar con datos obtenidos en estudios similares. Ramón Tejeiro, en su libro “Agua de lluvia, agua saludable” que es una recopilación sobre un proyecto de apoyo a la reforma del sector salud de Guatemala (APRESAL), muestra un resumen estadístico proporcionado por INSIVUMEH, de precipitación anual de los últimos 10 años para cada departamento. Para el sector de Izabal el dato es de 2640 mm de agua, comparado con el dato obtenido que es de 2887.62 mm de agua se toma como verídico.

De acuerdo a la estadística mensual de precipitaciones se puede observar que los meses de marzo y abril es donde se recauda la menor cantidad de lluvia (época seca). Caso contrario en los meses de junio a septiembre (época lluviosa). El objetivo del sistema de agua es abastecer el consumo diario de los usuarios, los meses con menos agua es donde más apoya a personas que no tienen alguna fuente cercana.

En el Cuadro 122 “Datos de lluvia INSIVUMEH” se puede observar que en 2013 ha sido el año con más precipitaciones pluviales dentro de los 4 años estudiados. Al obtener la desviación estándar del promedio de cada mes, en los meses de junio a septiembre, el valor de la es prácticamente el mismo que el promedio. Obviar estos datos puede afectar el balance de masa del depósito que se calculó con datos reales de precipitaciones, porque es la principal variable de la cual depende el dimensionamiento del depósito principal. Además es un reflejo de los fenómenos meteorológicos que afectan al país, tales como El Niño y La Niña que son un ciclo global que tiene dos extremos: fase cálida (El Niño) y fase fría (La Niña).

Para el diseño del sistema de agua pluvial hay que tomar en cuenta la dependencia de cuatro factores: cantidad de precipitaciones, cantidad de personas que usarán el sistema, consumo diario y área de captación, por lo que se deben fijar tres. Se escogió como factores fijos la cantidad de precipitaciones por tener valores reales, la demanda diaria por persona en L y el área de captación por tener relación con el módulo “Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia”.

El área de captación de la vivienda propuesta por el módulo es de 77.52 ± 5.48 m2. Con el área y los milímetros de agua mensual precipitados se puede determinar la cantidad de litros a captar, pero hay que tomar en cuenta el coeficiente de escorrentía, que considera la permeabilidad del material con el cual está fabricada el área de captación. En el módulo se utiliza techo de lámina de zinc que representa un coeficiente de 0.95, esto quiere decir que el 95 % de agua que precipite sobre las láminas se podrá captar. Debido a factores no predecibles se utilizó 0.90 como seguridad. Además, es un techo de dos aguas, ya que se recolecta de los dos lados del techo, porque evita recargar una sola canaleta.

Es importante considerar que todos los desechos de árboles cercanos a la vivienda, material fecal de animales y aves depositados en el techo son fuentes de contaminación para el agua, por lo que un sistema que desvíe las primeras aguas asegura una mejor calidad del agua almacenada en el tanque principal. El objetivo de las primeras aguas es limpiar la superficie de captación en los primeros minutos de lluvia, misma que puede utilizarse para riego al ser

separada del resto de agua captada. Este sistema va dirigido especialmente en la época seca o para periodos largos donde no llueve, ya que en invierno, regularmente llueve todo el día y por varios días seguidos, por lo que el sistema tendrá menos uso.

Se necesita 1 L de agua de lluvia para limpiar 1 m^2 de superficie de captación según UNATSABAR (2001) y Tejerio (2002). Al calcular el área para limpiar (área del techo más canaletas) se obtiene la cantidad de agua que se debe desviar, obtenida con la relación de L y m^2. Para que en el sistema de tuberías se dé el cambio de dirección del flujo, se coloca un sistema de desvío que consta de una válvula hecha con una pelota de plástico, introducida dentro de un pequeño tramo de tubería más grande que el resto y al llenarse el recipiente de primeras aguas (capacidad suficiente para retener el dato obtenido de litros necesarios para la limpieza) ésta sube, obstruye el paso del agua y provoca que se desvíe para la tubería que conduce al tanque principal.

La prueba piloto del sistema de desvío tuvo varios cambios. Como primer diseño la tubería que conduce el agua se colocó en la tapadera, sin embargo, se descartó debido a que al llenar la tubería el aire contenido dentro del bote plástico de pintura no tenía por donde escapar, entonces provocó que la tapadera se abriera y separaran los sellos de unión por la expansión del bote. Para evitar que esto ocurriera, se agregó una válvula a la tapadera que fuera de accionamiento manual. La función de la válvula admitió que al llenarse el tanque el usuario la cerraría, pero la desventaja es que al estar ausentes los usuarios la válvula seguiría abierta y se perdería toda el agua. Entonces, en un segundo diseño se movió la tubería principal para la parte baja del tanque interceptor, se le agregó un empaque fabricado con suela de zapato y se volvió a colocar el ajuste de roscas en la tapadera, para colocar un sistema similar con pelota, para que fuera de funcionamiento automático. Esto solucionó el problema del sistema manual de válvula. El diseño final se detalla en la parte de metodología.

Para el caudal máximo permisible en la canaleta se supuso como base de diseño 1 m/s de velocidad, ya que no se cuenta con datos. La base de diseño es el promedio establecido en donde el agua fluye a su óptima velocidad. Como las canaletas son de forma rectangular, se debe obtener el diámetro equivalente para calcular el caudal que para este caso fue 86.68 m^3/s. Además, se determinó el consumo diario; se encuestó en 6 viviendas y se tomó el mayor valor que fue de 25 l por persona diarios y no un promedio por ser una necesidad básica. Esto incluye agua para cocinar, beber, para animales como aves de corral y perros, y lavado de utensilios de cocina (ver Cuadro 229) En el caso que la vivienda tenga un sistema más grande de lo que necesita, la cantidad de agua sobrante puede utilizarse para riego u otras actividades.

Se realizó el dimensionamiento del sistema para una familia de 4 a 9 miembros. Es importante contemplar el abastecimiento de agua para las personas en los meses con menos precipitaciones (marzo y abril) por lo que se realizó un balance de masa mensual del depósito para determinar si en los meses con menos precipitaciones se puede cumplir la demanda establecida. En el caso de 4 a 7 personas, se observó que sólo en el mes de abril no se logra captar lo suficiente para cubrir la demanda, caso contrario para 8 y 9 personas que se agrega marzo. Por esta razón, es importante sobredimensionar como factor de seguridad en los meses de bajas precipitaciones.

El sobredimensionamiento se realizó de la siguiente manera: se sumaron los meses negativos del balance y se dividieron dentro de los 12 meses, se supuso que en los demás meses se puede captar lo que no se logra en los meses negativos. En el Cuadro 124 “Dimensiones del sistema principal” se encuentra un resumen con el dimensionamiento del sistema principal.

Al obtener las dimensiones del sistema principal se cotizaron depósitos para calcular elr el costo. Se proponen dos marcas, TALISHTE y ROTOPLAST, porque ambas marcas ofrecen sistemas auxiliares que pueden mejorar el sistema, tales como: filtro retenedor de tierra y sedimentos, garantía, evita la penetración de rayos solares y poseen una capa interior anti-baterial para impedir el crecimiento y reproducción de bacterias. Estas características aseguran que al disponer de agua del depósito, esta no lleve más contaminantes de los que el filtro del módulo pueda soportar. Se realizaron arreglos de tanques para llegar al volumen dimensionado. Los costos y arreglos se pueden observar en el Cuadro 125” Costo del sistema de captación de agua pluvial”.

Las dimensiones de la tubería se encuentran en la Figura 132 “Dimensiones del sistema”. Se realizó un dibujo en 2D en AutoCad donde se trazó la parte trasera de la casa y se fue ajustando la tubería necesaria para unir los tres sistemas: canaletas, primeras aguas y tanque principal. Para la tubería proveniente de las canaletas se dimensionó con 2° de caída, para asegurar que el agua no se estanque, y al mismo tiempo para que sea imperceptible a la vista. Además, se propuso una reducción de 4 in a 2 in, después de la unión de las tuberías provenientes de las canaletas, para disminuir costos al sistema. Con base en las dimensiones se obtuvo el costo del sistema, que incluye la tubería y sistema de primeras aguas. Los resultados se detallan en el Cuadro 126 “Costo detallado del sistema de primeras aguas y tuberías”.

Se sumaron los costos definidos de cada parte y se obtuvo los resultados del Cuadro 4 “Costos del sistema”.

Para disponer del agua del depósito se propone una bomba manual de polipropileno (Figura 196), ya que el lugar no cuenta con electricidad. Por otro lado, cabe mencionar que la perdida por fricción, provocada por tuberías y accesorios, no tiene impacto porque el agua cae por gravedad hacia el tanque principal.

Uno de los factores que puede afectar al diseño del sistema de captación de lluvia es el fenómeno meteorológico. Para comprobar esta afirmación se realizó un un balance que partió de suponer que el depósito contaba con el sistema de captación para abastecer a una vivienda de 7 personas, desde 2011 a junio 2014, y que se registraron los datos siguientes: en 2011 el sistema no logró suministrar agua durante 8 días en el mes de mayo; en 2012 fueron 10 días también en mayoL; en 2013 el año con más intensidad de lluvia en los meses de invierno pero los más secos en verano por lo que no logró suministrar por 41 días para los meses de abril y mayo; y para 2014, de enero a junio logró abastecer durante este periodo de tiempo. Entonces se concluiría que el sistema no logró abastecer por 59 días durante el período estudiado, dicho de otra forma un 4.63 %. Este estudio se puede observar en los cuadros 244 a 247 y se realizó no solo para verificar el factor meteorológico que puede afectar al diseño, sino también para analizar el comportamiento real del sistema propuesto.

Otro factor es la inversión del sistema. El caserío cumbre San Agustín es una comunidad que se dedica a la cosecha de piña y como toda comunidad agrícola guatemalteca, el porcentaje de pobreza es alto. Se estimó que el sistema tiene un costo por persona de Q. 1004.64 ± Q. 80.86 y un costo diario de Q. 2.75 ± Q. 0.22, traduciéndose a Q. 82.57 ± Q. 6.64 mensuales en un año. El ingreso mensual en el área rural es de Q. 1893.00 según ENEI 1-2013 “Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos”, lo cual representa el 4.36 % del salario mensual durante un año, sin tomar en cuenta intereses.

El factor de consumo puede variar según la edad, la época del año, hábitos o el adicionamiento de otra persona a la vivienda. La ventaja del sistema es que si se necesita más abastecimiento se puede colocar otro depósito unido a los ya colocados para poder incrementar la capacidad.

Por último, los factores no predecibles, la evaporación del agua, las salpicaduras, se toman en cuenta en el coeficiente de escorrentía. El mal mantenimiento del sistema de canaletas, las pueden obstruir y evitar que el agua sea captada. Por ende, es importante que las personas que hagan uso del sistema realicen el mantenimiento correspondiente: mantener limpia sus canaletas y mantener cerrado el sistema para evitar que entren contaminantes al depósito. Cabe mencionar que entre las canaletas y la tubería que se une a ellas, se contempló un filtro para

partículas grandes; este es de malla de 5 mm. Por esta razón, es importante limpiar las hojas y ramas que caigan al área de captación, ya que estas pueden tapar el filtro y provocar que el agua se desborde de la canaleta. Por otro lado, mantener cerrado el depósito evita que ingresen insectos como zancudos o material orgánico que son foco de bacterias y suciedad. La limpieza se realiza al quitar todo el excedente de basura, ya sea con una escoba o con la mano si sólo son materiales grandes.

Este sistema se puede acoplar a cualquier área y cantidad de personas. Se programó en Excel un simulador donde se ingresa la cantidad de personas, demanda diaria (en caso quieran realizarlo para suplir riego en vez de consumo humano), dimensiones del área de captación y material del techo; y este devuelve la capacidad del sistema principal, el sistema de primeras aguas y costos.

Por último es importante mencionar que en base a las visitas se observó que la gente del caserío cumbre San Agustín, ya tiene noción sobre captar agua de lluvia para consumirla. Sin embargo, relacionar la implementación del sistema con la educación es un punto importante, ya que asegura el buen funcionamiento del mismo. Una vez implementado el sistema, se debe empezar con talleres informativos a los usuarios.

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

El objetivo principal del módulo es diseñar y desarrollar un sistema de potabilización de agua a nivel domiciliario, en la comunidad de “San Agustín”, departamento de Izabal. Para determinar el tratamiento que se debía realizar al agua antes de ser consumida, se analizaron las fuentes de agua disponibles. Cabe destacar que el agua de pozo no se utiliza para potabilizar en un filtro sencillo de tamaño domiciliario, ya que por su alto contenido y crecimiento de coliformes y bacterias, requiere administrar un proceso más completo.

En el Cuadro 131 se presentan los resultados obtenidos de las tres fuentes de agua (río, lluvia y nacimiento) que se encuentran disponibles para los pobladores de la comunidad San Agustín, Morales, Izabal. El agua se monitoreó en abril, agosto, y septiembre de 2014, para cubrir las épocas de verano e invierno. Cabe mencionar que en el año se tienen meses en los cuales no hay precipitación pluvial, por lo que la única fuente de agua proviene del río y nacimiento.

Se observó que los resultados del mes de septiembre son los más críticos porque la lluvia tiende a arrastrar hacia el río los sólidos y minerales contenidos en la tierra. Es por ello, que las pruebas se realizaron en este mes, ya que se requiere que el filtro sea capaz de remover la mayor cantidad de contaminantes contenidos en el agua.

Las muestras tomadas fueron sometidas a un análisis microbiológico en un tiempo menor a 48 horas y un análisis fisicoquímico donde se determinó la demanda química de oxígeno (mg/l), potencial de hidrógeno promedio, total de cloruros máximos (mg/l), color-unidades, turbidez (unidades).

Los análisis anteriores se realizaron con el objetivo principal de clasificar el tipo de fuente de agua. Lo resultados obtenidos, Cuadro 131 se encuentran dentro o debajo de los límites que indican una fuente buena, por lo que el tratamiento de potabilización se limita a una filtración, seguida de una desinfección, y en el mejor de los casos, el agua únicamente requiere de desinfección, como en el caso de agua de lluvia en los últimos meses.

El caudal de agua potable requerido se calculó por vivienda. Para ello se determinó el número de habitantes promedio, 7 personas por vivienda, y el consumo de agua por cada habitante que según la Organización mundial de la salud, es de 2 l. Con ello se tiene un total de 14 litros de agua promedio diario por vivienda.

Dado lo descrito anteriormente, el diseño se limitó a un filtro. Dentro de las propuestas de filtros se encuentra el de ozono, carbón activado, papel o tela filtrante, arena y grava. Para determinar el mejor material a utilizar según los requerimientos básicos de la Norma de aguas guatemalteca (COGUANOR), y las condiciones económicas del caserío “San Agustín”.

Se ponderó de 1 a 3 la importancia del requerimiento y de 0 a 3 el cumplimiento por material. Como se observa en el Cuadro 132 el uso de ozono posee la menor ponderación, tal y como se esperaba puesto que no se cuenta con el servicio eléctrico, no es accesible y es de costo elevado. La tela filtrante es una opción disponible, pero no es suficiente ya que se satura muy rápido, su costo y densidad dependen del tipo de tela filtrante. El material más beneficioso según la matriz, es la arena gruesa debido a sus propiedades filtrantes, bajo costo y a su abundancia en la comunidad, al igual que la grava. El carbón es una opción viable por sus propiedades, pero en cantidades grandes el costo aumenta considerablemente.

Según los resultados de la matriz se diseñó un filtro funcional de bastidores vertical por gravedad, con la integración del uso de un papel filtrante, carbón mineral, arena y grava. El uso

de tela filtrante y carbón se realizó por dos motivos primordiales, un mayor tiempo de retención, y por extraer color, olor y sabor. Para el diseño, se caracterizó cada uno de los materiales; la tela filtrante a utilizar es el geotextil, sus propiedades se muestran en el Cuadro 149 porque se demuestra que el tamaño de espacio libre entre cada hebra del geotextil es menor al tamaño de partícula de la arena y carbón a utilizar, a su vez, es menor a 3 micras lo que no permite el paso de coliformes.

En el Cuadro 148, se observa la gravedad específica de cada uno de los materiales del filtro en relación con el agua a temperatura ambiente. Se evidencia que tanto la arena blanca como la arena de río se mantienen a una gravedad específica por debajo de la ideal, mayor a 2.56; al igual que la grava, gravilla, ideal mayor a 31. Ttanto el carbón mineral como el carbón activado se encuentra por debajo al ideal, mayor a 2.41. Puesto que en el lugar se cuenta con dos tipos de arena, arena de río y arena de cerro, distintos tamaños de partícula de arena, grava y carbón, se realizó un análisis granulométrico de cada uno de ellos, tal y como se presenta en los Cuadros 130-135.

A través de los datos obtenidos en el análisis granulométrico, se determinó el tamaño efectivo (TE) del grano tomando como relación diámetro del 10% acumulado en peso, Ecuación 157; y el coeficiente de uniformidad (CU), dividiendo el diámetro del 60% acumulado en peso con el TE, Ecuación 162. Los parámetros mencionados son de caracterización de un material filtrante, comparado cada uno de los resultados con los ideales, según el manual del biofiltro de arena.

En los cuadros 142-147 se obtuvo un tamaño efectivo (TE) de 9.5±0.0003 con un índice de error respecto al valor ideal de 0.12 y un CU de 0.5, dentro del rango ideal para la gravilla. El CU obtenido indica que se tiene uniformidad en la gravilla a utilizar, sin embargo, el d10 y d60 muestra que los rangos de tamaño de partícula se encuentran desviados del ideal, lo cual puede verse afectado en el área del filtro que retiene partículas finas de arena y carbón.

El TE de la arena blanca y arena de río es de 0.0014±0.0003 y 0.17±0.61, con una desviación de error de 0.44 y 0.61 respectivamente. Así también, se obtuvo el d60 de cada una de ellas, 0.59±0.00001 y 0.355±0.00001 con 0.08 y 0.35 de índice de error; CU de 2.38±0.003 y 2±0.0001 con un índice de error de 0.4 y 0.18 respectivos para cada tipo de arena. Los resultados demuestran que la arena de río presenta mayor uniformidad que la arena de cerro, no obstante, la arena de cerro se encuentra más apegada a los límites de partícula d10 y d60 que la norma exige para arena filtrante. Por lo tanto, se decidió trabajar con arena de cerro.

---

6 (Rojas, 1999)

7 (Rojas, 1999)

En los cuadros 146 y 147, se observa que tanto el carbón mineral como el carbón activo presentan tamaños de partículas muy desviados a los que se requieren idealmente. El carbón mineral posee un TE de 1.70 ±0.0015, con un índice de error de 1.43, lo que indica que se tiene un tamaño d10 más del doble del adecuado; d60 es de 4.75±0.00003 con un índice de error de 2.96, siendo tres veces más grande que el adecuado; pese a ello, el CU se encuentra dentro del valor ideal, menor al 1.7, al igual que el carbón activado.

El carbón activado por el contrario, presenta un TE de 0.15±0.15, con un índice de error de 0.79, siendo 5 veces menor al ideal. El tamaño de diámetro d60 es de 0.18±0.02 con un índice de error de 0.85. Pese a que su tamaño de partícula se encuentra menor a la ideal, se decidió trabajar con carbón activado en lugar del mineral debido a sus propiedades desinfectantes y la efectividad en pruebas de laboratorio.

Caracterizados y elegidos los materiales de construcción del filtro, se determinó el tamaño de lecho de cada uno de ellos. Dado a la alta porosidad de la grava y al tamaño de lecho pequeño del carbón, se observó que la velocidad lineal del agua, durante la filtración, depende directamente de la arena, pues la grava y carbón no son significantes en el cambio de la velocidad.

Para determinar la altura ideal del lecho de arena se tomó como base el rango de velocidad ideal $0.0028 cm^3/cm^2/s \leq vf \leq 0.011 cm^3/cm^2/s$[8] para que un filtro sea considerado como filtro de arena lento, garantizándose así el tiempo de retención. En el Cuadro 151 se observa la variación de velocidad a medida que varía la altura de agua aplicada (H1) a través de un lecho definido constante L=5,10 y 15±0.05cm. La pendiente es la relación entre vf/k, donde k es la constante de permeabilidad la cual varía dependiendo del TE idealmente. Se calculó la altura máxima de agua sobrenadante para que el tiempo de retención del agua fuera el adecuado.

Ya que la velocidad de vaciado varía con el tiempo, se obtuvo que para mantener una velocidad de filtración dentro del rango ideal para un lecho de 10 cm, es necesario mantener un rango de altura de agua de 0.512-12.79±0.05 cm; y para una altura de 15 cm de arena 0.554-13.85±0.05cm de agua sobrenadante.

Una vez establecidas las alturas adecuadas de arena, por relaciones teóricas de carbón y grava, se decidió hacer dos tipos de filtros. F1 que contiene menor proporción de arena (10cm) y

8 (Centre for affordable (Water and sanitation Technology), 2009)

por lo tanto, menor proporción de grava y carbón. F2 con un lecho de arena de 15 cm. y mayor proporción del resto de grava y carbón, como se muestra en el Cuadro 155.

Se tomaron 17 muestras, cada 10 minutos, que se hicieron pasar a través de los filtros 1 y 2, para un total de 2 h con 40 min de muestreo; y según la teoría es necesario tener un tiempo de 2 horas de lavado del filtro antes de su uso. A cada una de las muestras se le realizó un análisis físico-químico, análisis de sustancias inorgánicas, microbiológico y físico, tal como lo indica la Norma COGUANOR NTG 29001.

En los cuadros 151 a 154, se presentan los resultados de la efectividad del filtro 1 y 2, los cuales revelan que el color se redujo de 54 unidades a 0.66, con una desviación estándar de 0.54 para el filtro 1; y para el filtro 2, se redujo a 5.33 unidades, con una desviación de 2.18. El olor no es rechazable en ambos casos, y la turbidez de la fuente inicial se mantiene dentro del límite máximo admisible. Los sólidos disueltos permanecen en cero, en ambos casos, y el pH en el rango permisible. Dados los resultados de las características físicas, se determinó que la eficiencia del filtro 1 es mejor que la del filtro 2, y para comprobar su eficiencia se hizo pasar agua de lluvia, la cual se potabilizó eficientemente.

Las características químicas y sustancias orgánicas se redujeron a cero, por debajo del límite máximo admisible en el filtro 1 y filtro 2. El filtro 2 presenta valores insignificantes de dureza total de 0.2, con una desviación de 0.03 y 0.038 nitritos presentes, con una desviación de 0.18.

El análisis microbiológico refleja que el filtro 1 es más efectivo, ya que en el filtro 2 se obtuvo un promedio de 1 coliforme total, con una desviación de 0.8, y según la norma COGUANOR no debe ser detectable en 100ml de agua, y al hacer la disolución la coliforme promedio fue de cero. Por lo tanto, el filtro 1 y 2 es efectivo, ya que cumple con la norma microbiológica, como se muestra en el Cuadro 148.

Según los resultados mostrados anteriormente, ambos filtros cumplen con los requerimientos de calidad de agua potable. Aunque el filtro 1 se apega a valores más cercanos a cero, y presenta la ventaja de un costo más económico ya que necesita menor cantidad de materiales de construcción y un contenedor del filtro más pequeño. Por lo que se eligió tomar como modelo el filtro 1 para la potabilización de agua de río y lluvia, en la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.

El filtro 1 posee 9 capas, como se muestra en el Cuadro 150. Primero se eligió el material filtrante principal, arena de cerro. Para remover color, olor, turbidez, conductividad eléctrica y

algunas partículas orgánicas se incorpora carbón activado al filtro. El carbón se encapsula dentro de tela filtrante debido a que su densidad es menor a la del agua y para evitar la contaminación de carbón con arena.

Se colocaron dos capas de tela filtrante, geotextil PN151250 al inicio del filtro para evitar el hundimiento que causa el agua al caer sobre un material poroso, como la arena; y al final para atrapar partículas pequeñas de arena y carbón arrastradas por el agua.

Para la remoción de polvos finos y partículas pequeñas de arena y carbón en el efluente, se utilizará un lecho de gravilla y un lecho de grava, que actúa como drenaje y aumenta el tiempo de saturación del filtro.

Se requiere de 14 litros diarios para cubrir la demanda promedio de agua potable a nivel domiciliar. Si se contara con un tanque de almacenamiento inferior a 6 litros, y se toma en cuenta que el filtro puede ser llenado las veces que se requieran al día; se tiene que es necesario llenar el filtro dos veces diarias para cubrir la demanda deseada, siempre que se utilice un filtro de tamaño pequeño a nivel domiciliario, como se muestra en la Figura 128.

El filtro consta de un contenedor de almacenamiento de agua filtrada, con un diámetro de 26 centímetros, altura de 37 cm y un contenedor de material filtrante con un diámetro de 25.6 centímetros, con una altura de 27 cm; con un espacio de almacenamiento de 10 cm. El filtro posee una capacidad total de 5 l agua contenida y 6 lde agua almacenada, un total de 11 l después de un tiempo de filtración aproximado de 1 h con 14 min, ya que el filtro tarda un tiempo de 59.43 min en vaciarse, y 14.25 min en llenar el tanque de almacenamiento.

F. DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

El objetivo general del módulo fue pre-diseñar y dimensionar un sistema de tratamiento de agua que permita filtrar el agua de un lavadero que se descarga al río. Para ello se tuvo como objetivo específico diseñar y dimensionar una pileta base, que posea espacio para lavar ropa y que pueda acoplarse a un sistema de tratamiento de agua.

Se pensó en un diseño conformado por un filtro en la parte inferior de la pila. El problema que presentó es la baja velocidad de filtración, 0.2 m/h^1, comparado con la velocidad que la gente desecha el agua del lavado; por lo que, el filtro no se daría abasto. Como solución se diseñó un depósito para aguas de lavado, el cual cumpla con la función de sedimentar los sólidos

arrastrados por el agua de desecho, y de mantener la espuma en la parte superior del depósito, como se muestra en la Figura 154.

Por otra parte, se analizaron los materiales filtrantes disponibles en el caserío de San Agustín, los cuales son: arena, carbón vegetal, caolín, gravilla. Con el fin de realizar un diseño preliminar de filtros de bajo costo. Inicialmente, se eligió como material filtrante la arena, ya que se encuentra en muchas áreas del país, haciéndolo un material fácil de conseguir, sobre todo en el río de la comunidad. Se analizaron dos tipos de arena para ver la capacidad filtrante de cada una.

Se realizó un análisis granulométrico en triplicado, para obtener el tamaño efectivo (TE)[9] de partícula y el coeficiente de uniformidad (CU)[1]. Se obtuvo un TE de 0.18mm en la arena de río, y 0.25mm en la arena blanca. El TE ideal de la arena para uso de filtro lento es de 0.45-0.55[10], por lo que la arena blanca se acerca más al valor ideal. Posteriormente, se calculó el coeficiente de uniformidad, mientras más alto sea su valor, menos uniforme será la arena. Se obtuvo que el coeficiente de uniformidad de la arena blanca 2.38, es mayor, en comparación con la arena de río 2.01, lo que indica que la arena blanca tiene mayor porosidad.

Para realizar las pruebas de filtración se elaboró un prototipo de filtro, con una tubería PVC de 4 in, así como se observa en la Figura 74. En la parte inferior del tubo se colocó un tapón y se abrió un agujero de ½ in para descargar el agua filtrada; para retener material filtrante se colocó una capa de nylon (poliamidas), que después fue cambiada por geotextil PN151250, ya que el nylon se rompe con facilidad.

1. Pruebas de filtración de cada material por separado. Una vez realizado el prototipo del filtro, se probó cada material por separado. Se empleó una solución de jabón a diferentes concentraciones de sulfatos, 1000, 560, 500, 460 y 150 ppm. Debido a sus bajas concentraciones de iones disueltos, se utilizó como blanco el agua destilada; la cual se analizó antes y después de pasar por el filtro, al igual que la solución de jabón. El estudio se realizó con el colorímetro y se analizaron nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos.

Se probó arena de río con una solución de jabón a una concentración inicial de 1000ppm de SO4. Se obtuvo que la concentración del jabón después de ser pasada a través de la arena fue de 15ppm, lo que indica que la concentración se redujo en un 99%. La misma solución de

9 (Rojas, 2006)

10 (Rojas, 2006)

1000ppm, se hizo pasar a través del mismo lecho de arena, y se obtuvo una concentración de salida de 800ppm, lo que indica que se redujo un 20%, demostrando una saturación rápida.

Luego de analizar la arena de río se prosiguió a analizar la gravilla, al pasar el blanco se determinó que la concentración de sulfatos aumentó de 1 a 5 ppm. Al pasar la solución de jabón a través del mismo lecho de grava, la concentración de sulfatos aumentó nuevamente de 500 a 730 ppm; lo que indica que la gravilla no es un material filtrante adecuado para la remoción de partículas como sulfatos. Es importante mencionar que al analizar las concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos se obtuvieron concentraciones muy bajas en el afluente, por lo que no son significativas para el análisis.

También se analizó el carbón vegetal, al cual se le hizo pasar una concentración inicial de jabón de 150ppm y se observó que el carbón redujo la concentración de sulfatos en un 53% (de 150 a 79 ppm), ver Cuadro 161 Sin embargo, no retuvo en gran parte la espuma proveniente del jabón. Por otro lado, el carbón activado fue mejor que el carbón vegetal, para remover espuma así como el fuerte olor del jabón. Pero, como se observa en el Cuadro 161 sólo redujo la concentración de jabón un 33% (de 150 a 100 ppm).

Se analizó piedra caolín, debido a que se encuentra con abundancia en la comunidad de San Agustín Izabal, pero no se tuvo un resultado satisfactorio, porque el agua jabonosa salió más sucia de lo que entró, así como se observa en la Figura 84, en la sección de metodología. Tal situación pudo ser que la piedra contenía hierro, ya que tenía un color rojo. Por lo que se descartó su uso como material filtrante.

Se probó también la arena blanca, como se puede observar en el Cuadro 159, en la sección de resultados- El jabón presentó una concentración inicial de SO_4 de 1000ppm y al pasarlo por el filtro de arena de blanca se obtuvo 10 ppm, lo que indica que se redujo a un 99%. La solución inicial de jabón de 1000 ppm, se hizo pasar una segunda vez por el mismo lecho filtrante, y se redujo en un 91% (de 1000 ppm a 95 ppm) lo que indica que la arena de río se saturó mucho más rápido que la arena blanca.

Debido a las propiedades filtrantes mencionadas, se eligió la arena blanca para determinar la velocidad del flujo, según el lecho y altura de agua sobrenadante, cuyos resultados se muestran en los cuadros 164, 165, 166 y 167 en la sección de resultados. Se observó que el nivel de agua sobrenadante actúa como fuerza impulsora en la velocidad filtrante. Para determinar el coeficiente de permeabilidad, el cual es inversamente proporcional a la fuerza impulsora, se probaron varias alturas de agua sobrenadante para cada altura de lecho de arena. Se obtuvo un

coeficiente de 0.177 cm/s, para un lecho de 30 cm, como se observa en el Cuadro 169 en la sección de resultados.

2. Prueba de filtros con altura de lecho de materiales filtrantes distintos. Se realizó un filtro en el que se utilizó grava, arena blanca y carbón vegetal con alturas de 10 cm, 30 cm y 20 cm respectivamente. La grava actúa como retenedor del carbón vegetal, ya que ésta posee una gravedad específica menor que la del agua. Se filtró una solución de jabón con una concentración inicial de sulfatos de 560 ppm, la cual se redujo a un 99% (de 560 a 7ppm). Se filtró nuevamente y por el mismo filtro, una solución de jabón de 560 ppm de sulfatos, pero ésta vez solo se redujo a un 30% (560 a 390 ppm) como se observa en el Cuadro 160 Por lo que al utilizarlo una tercera vez el filtro redujo a 16% la concentración de sulfatos. Lo que indica que se saturó rápidamente.

Se probó un filtro con un lecho de arena blanca (15cm de altura) y carbón vegetal (1cm de altura), en el cual ya no se utilizó grava debido a que se trituró el carbón para aumentar su peso específico, y de esa forma evitar que flote. Como se observa en el Cuadro 162 el filtro redujo la concentración de sulfato a un 14%.

Se realizó un filtro de arena blanca (20cm de alto) y carbón activado (6cm de alto), luego se filtró una solución de jabón con una concentración de 460 ppm. Se observa en el Cuadro 163 sección de resultados, que el filtro redujo la concentración de sulfatos en un 87% y restó en gran cantidad el olor y color del agua gris, también llamada agua jabonosa.

Se realizó una prueba en la que utilizó, como lecho filtrante arena blanca (15cm de altura), carbón activado (1cm de altura) y carbón vegetal (1cm de altura). Se utilizó carbón vegetal ya que disminuye más la concentración de sulfatos, a diferencia del carbón activado que fue excelente para quitar olores y espuma. Al analizar el agua filtrada se determinó que se redujo en un 95% la concentración inicial de jabón, como se muestra en el Cuadro 162, sección de resultados.

3. Diseño de pileta de lavado con filtro. Se calculó el área mínima que debe tener cada filtro (filtro rápido y filtro lento), con base en el caudal generado y en la velocidad ideal de filtración, 0.1-0.4m/h[11] en el caso de filtro lento; y 5m/h[3] para un filtro rápido. Dichos resultados se observan en el Cuadro 171 en la sección de resultados. El área transversal de un filtro lento es mayor que la de un filtro rápido, por lo que se tiene mayor área de contacto; es por ello, que se eligió una velocidad de filtración de 0.2m/h.

11 (Romero, 2006)

Se procedió a calcular la altura teórica de agua sobrenadante del filtro, con la ecuación de Ergun (relación de caída de presión/altura) según la velocidad de filtración y altura de lecho. Dio como resultado 0.1358 cm para un filtro lento (con velocidad de filtración de 0.2m/h), y 30cm de lecho de arena.

El pre-diseño del filtro contiene los siguientes materiales filtrantes: arena blanca, porque que es de fácil obtención en cualquier parte del país y por sus propiedades filtrantes; carbón activado, ya que es excelente para remover olores y espuma, y carbón vegetal pues es bueno para reducir la concentración de sulfatos. La altura de materiales se encuentra en la parte de resultados en el Cuadro 173. Se eligió 0.30m como altura de lecho filtrante de arena blanca porque un filtro lento puede operar con esa altura de lecho (Girón Gómez y Campos Espinoza, 2013).

El depósito de agua sucia tiene una capacidad de 2.128m^3, equivalente al uso promedio para 63 personas por día; y está conectado a dos filtros, por medio de un tubo PVC de ½ in. La velocidad de salida del tanque es de 15.69 m/s mientras que la velocidad de salida en el tubo del filtro es de 16 m/s. En consecuencia, se tiene un tiempo de vaciado de 2.35 horas.

El diseño final del sistema de tratamiento está conformado por cuatro espacios para lavado. El agua de desecho generada se dirige a un tanque de sedimentación de agua sucia, que cae por gravedad a los filtros descritos y se drena en la parte inferior. Los sulfatos, nitratos, entre otros, son removidos mediante un proceso de adsorción.

G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA DEL CASERÍO CUMBRES DE SAN AGUSTÍN, MORALES, IZABAL

El objetivo del módulo es diseñar un sistema de duchas públicas, con agua del río Amatillo, que lleve integrado un sistema de tratamiento de aguas, por medio del filtro de lechos sólidos, para remover los contaminantes de las fuentes de agua cercanas a la comunidad. Se determinaron tres objetivos específicos: determinar el lugar en donde se implementará el diseño, la selección del material y presupuesto y proponer el diseño de lechos sólidos de fácil mantenimiento y costos bajos de construcción.

Para cumplir el primer objetivo se determinó una localización próxima al río Amatillo que posea un acceso cercano para el bombeo de agua; segundo, la ubicación debe ser un punto de

fácil acceso para los usuarios; tercero, el terreno con disponibilidad de implementar el diseño. Con base a estos criterios se evaluaron dos posibles ubicaciones. La primera se encuentra en las coordenadas UTM zona 16 norte (302,090; 1,719,727) y la segunda con coordenadas UTM zona 16 norte (302,211; 1,720,201).

La primera ubicación de coordenadas UTM zona 16 norte (302,090; 1,719,727) fue descartada por las siguientes razones: el espacio disponible está en desnivel, además, está muy cercano al río Amatillo y en los meses de julio, agosto y septiembre por las altas precipitaciones, el terreno ocasionalmente se inunda, dejaría así el diseño bajo agua y provocaría un desgaste mayor al material del diseño. En cambio la ubicación con coordenadas UTM Zona 16 norte (302,211; 1,720,201) que se encuentra cercana a una ramificación del río Amatillo (Ver Figura 160), no se encuentra en desnivel (Ver Figura 161b) y el área disponible está separada del rio por una altura razonable para la cimentación del diseño (Ver Figura 168). Por otro lado, permite una profundidad de 40 cm para que el sistema de tratamiento de aguas de las duchas sea subterráneo (Ver Figuras 161a & 161b). Además, la ubicación seleccionada tiene el espacio suficiente para la realización del diseño de las pilas del módulo: Diseño de un sistema de tratamiento natural de agua, utilizada en el lavado de ropa. en el caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

Para cumplir el segundo objetivo el material debe ser resistente al desgaste y poseer un soporte estructural solido, ya que tiene que soportar un tinaco de 450 L. Por lo que se decidió que el material para el diseño de las duchas fuera mayormente de block y concreto, en resumen es un trabajo de mampostería. Se eligió este material por sus ventajas ya que el material es útil para la construcción de diferentes estructuras; facilita la colocación de tuberías; y se le puede agregar un recubrimiento para evitar el desgate producido por la humedad. Por otra parte, este tipo de material genera una estructura sólida.

EL diseño preliminar arquitectónico se basó en dos duchas de forma cuadricular, con un área de $2m^2$. Este cuenta con 2 puertas de metal con pasador interno y una ventana en la parte superior para iluminación. Se realizó una cotización con la desarrolladora de proyectos ADAMAH a quienes se les explicó el objetivo del proyecto, ellos realizaron los planos y determinaron el costo del mismo, que incluye la cimentación y los soportes necesarios para una estructura firme (Ver Figuras 162-168). Para la parte de tubería el material seleccionado fue el PVC, por su precio económico y fácil reemplazo de piezas dañadas. Para referencia de los accesorios seleccionados (ver Cuadro 287)

El diseño final tiene un área de 2.1 m^2, y se estimó un presupuesto con mano de obra de Q12,342.81, (Ver Cuadro 174). Sin embargo, la comunidad ofreció mano de obra para la

construcción de las duchas u otra estructura que beneficie a su comunidad por lo que el precio bajaría a Q8,000.92 (Ver Cuadro 175), en donde sólo se toma en cuenta el costo del material. Esta cifra puede disminuir, ya que la municipalidad ofrece su apoyo al proyecto que se le proponga al caserío Cumbre San Agustín para ofrecer su apoyo al proyecto que se les proponga, por otra parte, es de gran interés solicitar apoyo a la ferretería y constructoras de este municipio.

Uno de los problemas principales del diseño de la ducha fue el suministro de agua, porque la comunidad carece de energía eléctrica para el funcionamiento de la misma. Para evaluar otras opciones de bombeo se calculó la cabeza de succión negativa y cabeza estática de descarga (Ver Cuadro 289) se tomó como base la altura del diseño de las duchas, más el tinaco de 450 l y 1m de altura, desde el río a la bomba. Se obtuvo como resultado una cabeza estática total de 5.256 m de agua, que equivale 51,455.570 pascales. Se estimó la potencia requerida asumiendo que la bomba trabaja al 100% y que es de 0.030kW (para ver diferentes casos de eficiencia revisar Cuadro 177). La potencia mínima de los motores, para trabajar con bombas, es de 1/2hp, es decir, que necesita 0.38 kW que es aproximadamente 9 veces la potencia requerida para el bombeo. Por dicho motivo, se concluye que una bomba manual cumple con lo requerido; por lo que se consideró utilizar una bomba manual semi-rotativa, tipo reloj, que puede bombear a una presión de 36 psi que es equivalente a 248,211 pascales (Ver Cuadro de especificaciones 311 y Figura 217). También puede utilizarse una bomba de diafragma aspirante-impelente que funcione con una faja, en donde se puede usar una bicicleta que mueva el rotor de la bomba, para hacerla funcionar (Ver Figura 218).

Para cumplir el tercer objetivo de la propuesta de un filtro de lechos sólidos, para el tratamiento de aguas grises provenientes de las duchas, se consideraron los siguientes criterios: que posea un bajo costo de construcción y el mantenimiento del filtro sea mínimo. Posterior a su evaluación, se eligieron cuatro materiales: arena, gravilla, carbón vegetal y carbón activado. Cada uno de estos cumple con una función específica: el carbón vegetal y el carbón activado según la literatura son materiales que remueven color y olor, retienen las grasas y los agentes tensoactivos de jabón o shampoos; la arena y gravilla son utilizados para retener partículas no solubles. En general, son materiales de fácil acceso, de bajo costo, excepto el carbón activado, (Ver costos en el Cuadro 176), y la comunidad tiene la ventaja de conseguir tres de ellos: gravilla, arena y carbón vegetal. Por otro lado, según la literatura, estos se utilizan normalmente para la fabricación de filtros caseros.

Se realizó un análisis granulométrico a los materiales para determinar el coeficiente de uniformidad (Ver anexos Cuadro 303). Los resultados se mantuvieron por debajo de CU<3 a

excepción de la “arena negra_2” que tuvo un valor de 3.33, esto quiere decir es ligeramente no uniforme comparado con el resto de materiales.

Con base en la Figura 169 se calculó la permeabilidad promedio de la “Arena_2” (Ver Cuadro 179) con un valor de 4.08E-2±5.12E-3 cm/s. lo cual significa que la arena tiene un grado de permeabilidad media (Figura 10). Puede comprobarse al observar los resultados de velocidades de filtración alta obtenidos, es decir, que se cataloga como filtro rápido de arena, ya que se encuentra en el rango de 0.00278 cm/s < vf <0.0111 cm/s de velocidad de filtrado, o sea fuera del rango para un filtro de arena lento. Además, se calculó el área mínima del filtro, como se observa en la Figura 170, a mayor velocidad, menor área necesita el filtro. Sin embargo, si el área que se escoge es mínima o cercana a la mínima, el agua a filtrar se conduce por las paredes, por lo tanto, no es filtrada. Por esta razón se recomienda usar entre 1.5-2 veces el área mínima, lo que aumentará las dimensiones del filtro para evitar el contacto con las paredes.

Se realizaron pruebas para determinar el tiempo de saturación del filtro. Se construyó un filtro con 12 cm de arena, en la siguiente etapa tenía 6 cm de carbón y finalmente una etapa de 6 cm de gravilla. Como se puede ver en el Cuadro 181, el filtro se saturó en un tiempo de 2 h. Se tomó la concentración inicial del detergente como tiempo 0 (Ver Cuadro 181) y se pudo observar que a medida que avanzaba el tiempo el agua filtrada aumentaba su turbidez, y formaba más espuma, como se observa en la Figura 213. También se detectó el arrastre de partículas de carbón en el agua filtrada, por lo que se agregó un geotextil que no solo redujo su paso, sino también disminuyó la turbidez evidenciada.

Otro problema fue la saturación rápida del filtro por lo que se decidió examinar uno con altura de lechos de 10 cm para cada material, en el siguiente orden: grava, arena y carbón vegetal. Este filtro comenzó a saturarse aproximadamente a la hora, sin embargo, se logró disminuir la concentración por un periodo corto. Fue entonces que se decidió probar dos filtros, uno con carbón activado y otro con carbón vegetal, con una altura de lecho de 1 cm para cada material, esta se eligió debido a que el carbón activado posee una partícula muy fina, un área superficial grande y una menor permeabilidad lo que produce que el tiempo de filtrado se prolongue. Los resultados se presentan en el Cuadro 182, donde se observa que el carbón activado redujo olor, color y presencia de burbujas, en cambio el carbón vegetal redujo los sulfatos (Ver Figura 214 para observar la turbidez).

Por último, se decidió hacer un filtro con una combinación de carbón vegetal y carbón activado. La concentración de sulfatos disminuyó, como se aprecia en el Cuadro 183. En la Figura 215 se confirma que el agua filtrada no tenía olor, ni presentaba formación de burbujas.

Por otro lado, se evidenció que cierta cantidad de partículas del detergente sedimentan después de un tiempo (ver Figura 216). Por este motivo se decartó la solución y se dejaron los sedimentos en un beaker, y al caudal se le agregó agua, luego se mezcló y se confirmó que estos sólidos son los que causan la turbidez del detergente.

De acuerdo con los resultados y en las observaciones se propone que el sistema de tratamiento de agua de duchas se dirija a un tanque primario, para sedimentar las partículas no solubles del jabón, en donde al llegar el nivel de agua a un punto establecido, las aguas grises pasen a un filtro dual. Este filtro debe llevar una malla en el efluente para asegurar que las partículas de la arena y carbón no se laven con el agua a filtrar, este puede ser de 3 capas de nylon de medias. La arena tendrá las funciones de regular la velocidad de filtro y de retener las partículas de carbón pequeña. Para asegurar que el filtro tenga la misma velocidad de filtración se recomienda que el tamaño de partícula de la mezcla incluya 50% carbón vegetal-activado y un TE de partícula 0.5 mm como se puede observar en el Cuadro 180. Por otra parte se le agrega una pequeña capa de gravilla para evitar que el carbón salga a flote. Cabe destacar que la forma geométrica del filtro debe ser cilíndrica, para reducir el espacio que ocupará y obtener un área adecuada para una mejor filtración (ver Figura 171). El diagrama del diseño final se observa en la Figura 172.

El mantenimiento del filtro propuesto requiere: primero que los materiales arena, gravilla y carbón se extraigan del filtro; luego, con una olla de agua hirviendo y un pedazo de tela como tapadera (que cubra totalmente todo el borde), distribuir el lecho de carbón en medio de la tela buscando que el flujo de vapor pase por el carbón. Este proceso es realizado para regenerar el carbón, ya que el vapor arrastra los compuestos contaminates retenidos por éste. Por último, la arena y gravilla se reemplazan completamente.

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Izabal es un departamento que cuenta con una gran disponibilidad del recurso hídrico, y por su ubicación geográfica se ve beneficiado por los vientos húmedos que junto a la presencia de grandes cuerpos de agua y cuerpos montañosos como la Sierra de Santa Cruz y de Las Minas, le brindan condiciones que promueven el movimiento del agua en su ciclo natural. También hay que considerar la situación actual y la tendencia de la cobertura forestal, según se pudo observar en las visitas a la comunidad, existe una apreciación de tala ilegal de bosques, lo cual representa una disminución de los caudales durante la época seca, esto se debe a que la pérdida de

cobertura boscosa reduce las oportunidades de infiltración durante la estación lluviosa, y afecta directamente a las fuentes de agua como los nacimientos, ya que estos se abastecen del agua infiltrada en el manto freático, como es el caso de la fuente de agua para el proyecto de la comunidad de Cumbre de San Agustín.

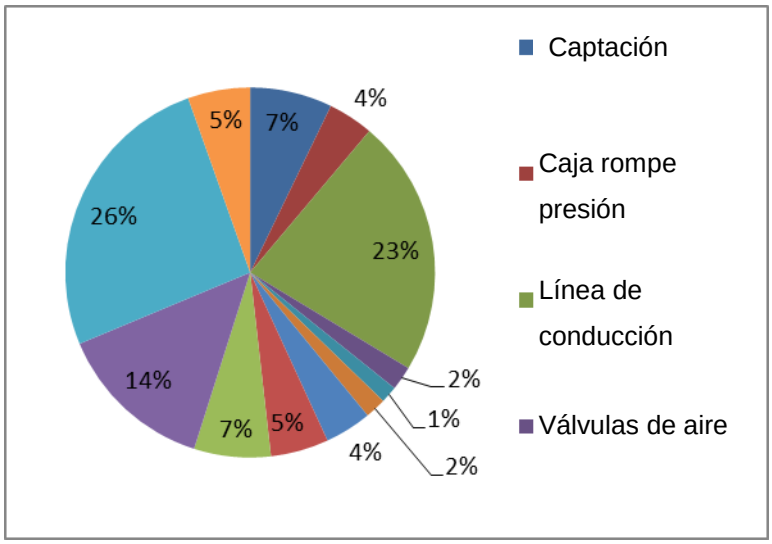
La comunidad de Cumbre de San Agustín se abastece de agua de pequeños pozos de vertedero, que se localizan cerca de una de las quebradas del río Amatillo, sin embargo, como muchas otras fuentes de agua superficiales, ésta se encuentra en condiciones no aptas para su consumo. Los detalles del análisis del estado físico, químico y microbiológico se encuentran en el módulo del Megaproyecto "Análisis Preliminar del Estado Físico, Químico y Microbiológico de las Fuentes de Agua del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal", y en éste se encontró la presencia de *E. coli* y *coliformes*, por lo que se concluyó, según la normativa COGUANOR NTG 29001, que no es aceptable para su consumo humano.

La idea principal del megaproyecto es diseñar un sistema unifamiliar de captación de agua de lluvia y filtración del agua para su consumo, sin embargo, es necesario analizar la viabilidad de un sistema de abastecimiento mediante una conducción por gravedad, la cual, según el diseño planteado en este módulo, tiene un costo directo de aproximadamente Q513,443.24 mismo que contempla los costos de los materiales (incluido el IVA) y el pago de la mano de obra necesaria para ejecutar el trabajo. Se incluyeron los costos relacionados con la mano de obra calificada y no calificada, ya que a pesar de que los resultados de la encuesta llevada a cabo en la comunidad muestran que los pobladores estaban dispuestos a ayudar con mano de obra no calificada, no se cuenta con garantías de que ayudarán efectivamente durante todo el proceso, y según la experiencia, muchas veces la ayuda que ellos consideran que pueden dar es solamente en la conexión domiciliar, o en algún aspecto donde ellos crean que está impactando directamente en su propia casa. De este modo, es recomendable prever el posible costo de mano de obra no calificada.

Al valor calculado de los costos directos hay que agregarle una estimación de los costos indirectos que hay que considerar para pagar la totalidad de la obra, ya que para ejecutar estos proyectos normalmente son licitados por empresas externas, y dentro del presupuesto final para esta obra se reqiere contemplar los gastos administrativos y la utilidad de la empresa ejecutora. Se tuvo una consideración del 15% de utilidad, calculada sobre los costos de los materiales y la mano de obra calificada, más un 25% de gastos administrativos, calculado también sobre los costos de materiales y la mano de obra calificada, y con esto se estimó un aproximado de Q189, 974 en costos indirectos, para integrar un costo total de Q703, 417.24. Como se puede

observar en la Figura189 la mayor proporción de los costos directos (49%) se ven en la línea de conducción (23%) y de distribución (26%).

Figura 189. Distribución del presupuesto por componente



Fuente: Elaboración propia

La razón del costo de estas líneas de tubería responde principalmente a la larga distancia existente entre la comunidad y la fuente de agua, que es de 4 Km aproximadamente, medido hasta la última conexión domiciliar. Aparte de la distancia, hay que resaltar la incidencia de la topografía en el costo total del proyecto, ya que las viviendas están distribuidas entre una elevación relativamente baja y otra elevación de mayor altura de la microcuenca del río Amatillo. Por esta razón fue necesario dividir a la comunidad en dos grandes líneas de distribución, a partir del tanque de almacenamiento: la línea de distribución I, que provee de agua a las viviendas de la parte alta de la microcuenca, tiene una longitud de 1,786 m; mientras que la línea de distribución 2, que provee de agua a las viviendas de la parte baja de la microcuenca, tiene una longitud de 1,130 m; de ahí la necesidad de colocar doble tubería, en un tramo de aproximadamente 750 m.

Debido a la importancia de la topografía en los diseños de conducción de agua por gravedad, se realizó un replanteamiento topográfico de las viviendas, para corroborar la información proporcionada por la Municipalidad de Morales, Izabal, en cuanto a la intervención que tuvo en 2008 la empresa “Estudios y Proyectos de Ingeniería Civil y Sanitaria” –EPICSA-. De acuerdo a esta información se realizaron los perfiles topográficos, a partir de los cuales se diseñó el tipo de tubería necesaria para transportar el caudal requerido por la comunidad. Para optimizar el diseño se realizaron varias propuestas, dentro de las cuales estaba la de realizar una sóla línea de

distribución, y a partir de ella dividir pequeños ramales que se distribuyeran para abarcar todas las viviendas de la comunidad. Sin embargo, era imposible que mediante una conducción por gravedad, las viviendas ubicadas en el sector alto tuvieran una presión de al menos 10 m columna de agua, y que las viviendas ubicadas en el sector bajo no tuvieran sobrepresión en las tuberías, mayor a los 40 m columna de agua que permite la guía de diseño del Infom.

Los parámetros que se consideraron en el diseño se rigieron principalmente por la cuantificación del consumo de agua de la comunidad, a manera de proveer un servicio satisfactorio para un período de tiempo de 25 años, valor escogido por las recomendaciones de las normas de diseño. También se utilizaron los factores más críticos para calcular los caudales de día máximo y caudal de hora máximo, debido a que las condiciones lo ameritaban. Dentro de estas condiciones se pueden resumir: altas temperaturas, crecimiento poblacional y la posibilidad de que el consumo aumente cuando la población tenga un acceso más fácil al servicio y con la seguridad de que el agua esté libre de contaminantes. Así también, se consideró la posibilidad de que más pobladores empiecen a plantar sus propios cultivos, por lo que es necesario prever agua para el riego de éstos.

Dentro de los inconvenientes encontrados para la viabilidad de la ejecución del sistema de abastecimiento de agua por gravedad, para la comunidad de Cumbre de San Agustín se resumen los siguientes:

1. Según el alcalde comunitario de Cumbre de San Agustín, Fidelino Jordán, varios de los pobladores no cuentan con los títulos de propiedad de los terrenos en donde habitan, por lo que no se cuenta con la documentación legal para obtener los permisos de servidumbre de paso y permisos de construcción.

2. Según la encuesta realizada en la comunidad, se pudo observar que muchos pobladores viven en situación de pobreza, por lo que su capacidad económica para pagar una tarifa por el servicio de agua es casi nula.

3. No se pudo comprobar la existencia de los títulos de propiedad de los terrenos de todas las viviendas, por lo que no se tiene toda la documentación legal necesaria para la ejecución del proyecto.

IX. CONCLUSIONES

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA

Según la norma COGUANOR NTG 29001, ninguna de las fuentes de agua evaluadas en este módulo es apta para consumo humano, por las siguientes razones:

1. Los valores de pH en las fuentes de agua tuvieron una desviación estándar de 0.212, lo cual muestra la dispersión de los datos obtenidos. Por lo que se determinó que el agua de los dos nacimientos evaluados no cumplen con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR, ya que ambas fuentes presentan un pH ácido, al estar por debajo de 7 que es el límite máximo permisible.

2. La turbidez en las fuentes de agua, durante los cuatro muestreos, estuvo cercana a cero y no mayor a 0.5 de absorbancia que es el límite máximo permisible por COGUANOR. Presentó una desviación estándar de 0.056, lo que comprueba que el agua de las cuatro fuentes es cristalina, y este puede considerarse un factor de riesgo al ser un parámetro que puede confundir a los pobladores al creer que la cristalinidad indica pureza del agua.

3. La conductividad eléctrica del agua se mantuvo por debajo de 750µs/cm que es el límite máximo permisible aceptado por COGUANOR. No sobrepasó los 200µs/cm, lo cual indica que las fuentes de agua del caserío sí cumplen con este parámetro.

4. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en las cuatro fuentes de agua estuvo por debajo de 100mg/L que es el valor aceptable para agua potable. Se determinó que en la época seca las fuentes de agua no sobrepasaron los 55mg/L, sin embargo, en la época lluviosa llegó hasta 90mg/L, por lo que en época lluviosa se puede observar el aumento de DBO en las fuentes de agua.

5. Se confirmó la presencia de *E. coli* y coliformes en todas las fuentes de agua, durante los cuatro muestreos. Sin embargo, en época lluviosa la cantidad de *E. coli* y coliformes aumentó en la quebrada 1, quebrada 2 y nacimiento 2.

6. En la mayoría de parámetros evaluados se observó que en época seca los valores obtenidos fueron menores a los obtenidos en época lluviosa.

7. Con los análisis realizados y el diseño experimental planteado no se pudo determinar una correlación entre la concentración química del agua y la del suelo, por lo que el suelo según este análisis, no es una fuente de contaminación para el agua.

8. Hervir el agua antes de consumirla puede contribuir a disminuir la carga bacteriana, pero no garantiza la calidad del agua, ya que no controla parámetros físicos y químicos.

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (*A. COMOSUS*) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTINUA.

1. La evaluación de Buenas Prácticas Agrícolas muestra que la comunidad de San Agustín no cuenta con los procesos agrícolas adecuados por lo que aumenta el riesgo de contaminación del producto, suelo y fuentes de agua cercanas.

2. Se elaboró un manual de Buenas Prácticas Agrícolas para que los agricultores del caserío Cumbre de San Agustín conozcan los procesos adecuados y mejoren las condiciones de la producción de piña.

3. Se elaboró un instructivo para la elaboración de un sistema de riego por goteo, como propuesta a la necesidad de escasez de agua en la comunidad, el cual facilita el riego del cultivo durante los meses en que no llueve.

4. El sistema de riego por goteo propuesto es ecológico ya que se utilizan materiales reciclables para su elaboración; tiene un costo de 0.08 centavos/unidad de cultivo, siendo este un método adecuado para la situación de baja economía de la comunidad de San Agustín, Morales, Izabal.

5. Según la Norma para la Piña, del Codex Stan 182-1993, la piña de la comunidad se encuentra en la Categoría II, Código de Calibre F-G y se debe denominar como un tamaño mediano en el mercado.

6. La piña *A. comosus* de la comunidad tiene un porcentaje promedio de sólidos solubles de 16.0 ±1.1 que cumple con los parámetros mínimos e indica un buen estado de madurez para su comercialización, según la Norma para la Piña del Codex S182-1993.

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

1. El costo del diseño de la casa, usando los materiales descritos en este trabajo, con materia prima y mano de obra del lugar es de Q 27,716.25, que cubre un área construida de 60 m^2 y un costo por m^2 de Q 461.94. Por lo que puede afirmarse que se obtuvo un diseño de vivienda económica al minimizar secciones y obtener un volumen total de madera de 4530 pies tablares.

2. Las cargas gravitacionales de la vivienda fueron pequeñas, en consecuencia, los efectos de flexo-compresión en los puntales fueron bajos, con relaciones de 0.02, 0.01 para diseño por viento y 0.029 y 0.021 para diseño sismo-resistente. Por lo tanto, se pudo optimizar el tamaño de las secciones de cada puntal, por los bajos esfuerzos a los que se encontraban sometidos.

3. La vivienda sería sometida a fuerzas de viento de 5 N/m^2, por lo que se consideró una fuerza mínima de viento de 766 N/m^2 (16 lbf/ft^2) que es la que requiere ASCE 7-10.

4. Se definió una tipología estructural de vivienda con un sistema de resistencia lateral brindándole sismo-resistencia por medio de breizas, en los extremos de los páneles, para que éstas transmitieran la fuerza de corte del sismo hacia los conectores y la cimentación

5. La carga sísmica fue considerada como más crítica en el diseño, esta fue de 21019 N (4.72 kips) lo cual supera la carga de viento calculada para la vivienda que fue de 3622 N (0.81 kips).

6. No fue necesario modelar la vivienda en ningún tipo de software de análisis estructural para determinar su período de vibración y sus derivas debido al tamaño de la misma y a la baja altura que tenía, ya que las derivas serían despreciables según ASCE 7-10.

7. Se incluyó dentro del diseño una cubierta de lámina de zinc, calibre 26, para que fuera lo más rígida y resistente al medio ambiente, y a la vez que pudiera tener la inclinación suficiente para captar el agua de lluvia hacia las canales.

8. Se redactó un manual constructivo de lenguaje sencillo y explícito, con imágenes, fotografías, esquemas y planos simples para uso de los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

1. El promedio de precipitaciones anuales es de 2887.62 ± 1624.7 mm de agua, siendo Izabal uno de los departamentos con más precipitaciones anuales, un sistema de captación de agua pluvial se acopla a las características climáticas del caserío cumbre San Agustín.

2. El mejor método de almacenamiento son depósitos que eviten la luz solar y que no estén abiertos a la atmósfera para evitar el crecimiento de algas y microorganismos; por tal motivo se decidió utilizar depósitos de marca TALISHTE y ROTOPLAST porque cuentan con filtro retenedor de tierra y sedimentos, garantía, evita la penetración de rayos solares y poseen una capa interior anti-bacterial. En resumen, asegura el buen funcionamiento del diseño de filtro del módulo “Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario en la Comunidad de San Agustín, Izabal”.

3. El diseño se basó en las dimisiones del Módulo “Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia”. El sistema de primeras aguas, proyectado para suplir mensualmente a los usuarios es de 88.01 ± 5.53 L. El sistema principal es de 3.0458 ± 0.074 m^3 para cuatro personas; de 3.856 ± 0.073 m^3 para cinco personas; de 4.670 ±

0.073 m^3 para seis personas; de 5.4833 ± 0.073 m^3 para siete personas; de 6.335 ± 0.072 m^3 para 8 personas y de 7.210 ± 0.072 m^3 para 9 personas.

4. El costo del sistema de tuberías junto con el de primeras aguas es de Q. 1727.68 y el costo total es de Q. 4623.63 para cuatro personas; de Q. 5157.68 para cinco personas; de Q. 5773.63 para seis personas; de Q. 6903.63 para siete personas; de Q. 7519.58 para ocho personas y de Q.8567.68 para nueve personas. El costo por persona es de Q 1004.64 ± 80.87 aproximadamente. Se espera realizar alianza con municipalidad de Morales, Izabal para reducir los costos.

5. Los principales factores que afectan la efectividad de sistema son el mal mantenimiento del mismo y los cambios climáticos impredecibles.

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

1. En el análisis que se realizó en el agua de lluvia y el agua de río ubicado en el caserío “San Agustín”, Morales se obtuvo 59 unidades de *E. coli, 44* unidades de coliformes, 5 unidades de turbidez en agua de río y un pH de 5.2, 78 unidades de color en agua de lluvia. Por lo tanto se clasifica como fuente “buena”, que requiere un tratamiento terciario para su potabilización.

2. El tratamiento terciario utilizado es la filtración, a través de un filtro vertical de bastidores por gravedad, que consta de un lecho de tela filtrante, grava, gravilla, carbón pulverizado y arena. Se eligió el filtro vertical de bastidores dadas las condiciones económicas y sociales del caserío San Agustin, Morales.

3. El filtro posee una altura total de 27cm y un diametro de 28cm, compuesto ascendentemente de geotextile PN151250 de 0.49 cm de espesor, seguido de un lecho de grava de ½in de 2.5 cm de altura, un lecho grava de 1/3in con 2.5 cm, un lecho de carbon activado de 2 cm de espesor entre dos capas de geotextil de 0.326 cm de espesor, un lecho de arena de cerro de 10cm y por último una capa geotextile de 0.49cm.

4. La velocidad de filtración es de 0.011cm/s, por lo que se tiene un tiempo de vaciado del filtro de 59.43 min. El filtro posee un espacio de almacenamiento de agua filtrada de 6 l de agua aproximadamente.

5. La efectividad del filtro se aproxima al 100%; ya que los resultados de análisis del efluente del filtro muestra cero unidades coliformes, 0.3 unidades *E. coli,* características químicas y orgánicas por debajo de los límites máximos aceptables, no tiene olor, sabor y color desagradable, no posee sólidos disueltos, ni conductividad eléctrica.

F. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

1. El sistema propuesto para el tratamiento de agua de lavado tiene una capacidad de 2.128 $m^{3,}$ equivalente al consumo promedio para 63 personas por día, con un tanque de sedimentación y dos filtros lentos por gravedad de lecho de arena.

2. La función del tanque de agua de lavado, en el sistema propuesto, es sedimentar los sólidos suspendidos del agua jabonosa y almacenar dicha agua para un filtrado posterior. Sus dimensiones son: ancho 1.4 m, largo 1.9 m y alto 0.8 m.

3. El filtro del sistema propuesto tiene una velocidad de filtración de 0.2 m/h, un área de 0.2494 m^2 y un diámetro de 0.5635 m, para un caudal de 0.0499 m^3/h.

4. Para mantener la velocidad de filtración de 0.2 m/h en los filtros del sistema de tratamiento de agua, es necesaria una altura de agua sobrenadante de al menos 0.1358 cm.

5. Se eligieron como materiales para el filtro la arena blanca y carbón vegetal, por su disponibilidad en el caserío San Agustín, Morales, Izabal, así como por su capacidad de absorción de sulfatos. También se eligió carbón activado por sus propiedades de absorción para reducir olor y color al agua jabonosa.

G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

1. La ubicación seleccionada para la futura implementación del módulo se localiza en las coordenadas UTM, en la zona 16 norte (302,211; 1,720,201). Esta cumple con los criterios establecidos de localización próxima al río Amatillo; posee un acceso cercano para el bombeo de agua; su ubicación es estratégica por el fácil acceso de los usuarios; y el terreno cuenta con disponibilidad de implementar el diseño.

2. El costo estimado para la construcción del diseño de la ducha es de Q 8000.92, el cual incluye los materiales de construcción, el tanque de abastecimiento de agua, tubería y accesorios de tuberías.

3. El material seleccionado para la construcción del diseño de las duchas es de block y concreto porque cumple con los criterios establecidos de resistencia al desgaste y soporte estructural. El material seleccionado para la tubería fue PVC por su bajo costo y fácil reemplazo de piezas.

4. Para el diseño de las duchas públicas, el sistema de bombeo necesita elevar el agua a una altura de 5.256 m, por lo que requiere una potencia de 0.030 kW, la cual se podría obtenerse con una bomba manual arven semi-rotativa, tipo reloj, con un diámetro de entrada y salida de 2.53 cm (1 in), caudal de 22.50 l/min, capacidad de succión de 7 m y una descarga de 20 m de alto,

5. El filtro propuesto consta de un diseño de geometría cilíndrica para aumentar el área de contacto. El material de construcción puede ser PVC u otro material plástico. Se constituye por cuatro materiales: nylon de medias cuya función es evitar que las partículas de arena y carbón se laven al momento de filtrar; arena para retener las partículas de carbón u otros solidos y para regular la velocidad de filtrado; una mezcla del 50% carbón vegetal y 50% carbón activado para retener a los agentes tensoactivos del jabón y de los iones (PO_4^{-2},NO_3^{-2},SO_4^{-2}), y finalmente una capa de gravilla que evita la mezcla de carbón debido a su baja densidad para flotar.

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

1. El diseño del sistema de abastecimiento de agua por gravedad constó de una línea de conducción de 2,410 m desde la captación de un nacimiento hacia un tanque de distribución de 20m^3, y dos líneas de distribución principales (I y II) de 1,786 m y 1,130 m respectivamente, de las cuales se subdividen dos ramales de distribución (III y IV) hacia viviendas más dispersas.

2. El planteamiento del sistema de distribución se definió con base en la topografía del terreno y en la distribución espacial de las viviendas en la comunidad, mediante la línea de distribución I para proveer de agua a las viviendas de la parte alta de la microcuenca; y de la línea de distribución II, para las viviendas de la parte baja de la microcuenca.

3. El costo total del sistema de conducción por gravedad se estimó en Q703,417.24, de los cuales Q513,443.24 corresponden a costos directos de materiales y mano de obra necesaria para su ejecución, y Q189,974.00 corresponden a una estimación de los costos indirectos, compuestos por los gastos administrativos y la utilidad que cualquier empresa ejecutora del proyecto pueda contemplar.

4. La capacidad de la fuente de agua considerada para el sistema de abastecimiento por gravedad es suficiente para satisfacer una dotación de 150 l /habitante/ por día, para la población actual y la proyectada para 25 años, con un costo por habitante beneficiado de Q3,517.08, para una población de 2014; y Q1,758.54 para la población futura proyectada para el año 2039.

5. La comunidad de Cumbre de San Agustín se abastece de agua proveniente de la quebrada del río Amatillo, y de pequeños pozos de vertedero formados por riachuelos de esta quebrada, que son fuentes de agua no aceptable para el consumo humano, según los resultados del análisis físico, químico y microbiológico realizado, del módulo “Análisis Preliminar del Estado Físico, Químico y Microbiológico de las Fuentes de Agua del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal”.

6. Los detalles de las obras de arte necesarias para el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable se tomaron del “Manual para los Equipos de Planificación, Diseño de obras tipo” realizada por la Secretaría de Coordinación Ejecutiva

de la Presidencia y los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, el Instituto de Fomento Municipal y la Cooperación Técnica Alemana –GTZ-

7. En cuanto a la documentación legal necesaria para la ejecución del sistema de conducción por gravedad, no se pudo comprobar la existencia de los títulos de propiedad de los terrenos, por lo que es un factor que no aporta a la viabilidad de la ejecución de este sistema.

8. A pesar de la disponibilidad de la población para cooperar con la instalación del sistema de abastecimiento de agua potable, se consideró en el presupuesto el renglón de mano de obra no calificada.

9. Debido a su ubicación geográfica, y los efectos que ésta provoca en el movimiento del agua en su ciclo natural, el departamento de Izabal cuenta con una disponibilidad hídrica satisfactoria para la demanda estimada, por el consumo de los habitantes.

10. Se ha percibido que en el área de influencia de la comunidad de Cumbre de San Agustín existe tala ilegal de los bosques, y que debido al soborno de autoridades, se ha perdido con el paso de los años cobertura forestal.

I. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DEL AGUA Y DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

1. Para que un programa educativo sea efectivo, es necesario tomar en cuenta el contexto de la comunidad meta, así como todos los factores que puedan estar influyendo en diversos niveles. Esto permite la identificación de los aliados, socios, barreras, necesidades y recursos con los que cuenta la comunidad; a su vez se torna necesario para diseñar un programa educativo ad hoc a la comunidad. La presente propuesta contempló estos datos, recabados con diferentes instrumentos y fuentes primarias.

2. Aunque existen muchos métodos para diseñar programas educativos en materia de salud y ambiente, los más usados en materia de manejo de agua, saneamiento e higiene son los que pertenecen a modelos participativos o socio-ecológicos, todos con enfoque en el cambio de conductas. Por tal razón, aseguran resultados más duraderos, debido a que enfrenta el problema desde la causa, y además garantiza la sostenibilidad del

cambio al involucrar a la comunidad organizada. Es por ello que la propuesta aquí descrita responde a esta metodología.

3. Los programas educativos hacen uso de herramientas y recursos que facilitan la construcción y mediación del aprendizaje en los estudiantes. Dichos recursos didácticos son parte importante de la metodología del diseño de programas educativos en materia de agua, saneamiento e higiene. Por lo que esta propuesta incluye directrices sobre la elaboración o recopilación de material didáctico apropiado culturalmente y acorde al contexto de la población meta.

4. Todo programa educativo efectivo debe ser medible y evaluable a lo largo de del proceso. Para ello, es necesario contar con instrumentos o parámetros de monitoreo, que permitan orientar el proceso y tomar decisiones acerca del programa. Por consiguiente, se incluyeron parámetros de monitoreo claros y medibles, que permitan rendir cuentas sobre la efectividad del programa a lo largo de todo el proceso, y no sólo al final del mismo.

5. Respondiendo a la pregunta inicial planteada sobre el efecto que un programa de educación en materia de higiene, saneamiento y salud tendría sobre la comunidad, se concluye que en conjunción con mejoras en el sistema de manejo de agua destinada al consumo humano, el programa potenciaría cambios duraderos en las conductas y hábitos de los pobladores, por lo tanto, incidiría positivamente sobre la calidad de vida y las condiciones ambientales del lugar.

X. RECOMENDACIONES

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA

1. Realizar un monitoreo periódico que permita evaluar los mismos parámetros de este módulo, para obtener un análisis más preciso del estado de las fuentes de agua del Caserío Cumbre de San Agustín.

2. Marcar de forma precisa y exacta el lugar de muestreo, con el uso de tecnología GPS, para que las muestras siempre sean tomadas del mismo punto, y no sea un factor que afecte los resultados obtenidos.<

3. Evaluar otros parámetros que tome en cuenta la norma COGUANOR, así como los diferentes puntos de muestreo a lo largo de las quebradas, con el fin de comprobar la calidad del agua, a lo largo de toda la quebrada.

4. Utilizar agua de lluvia durante el invierno, ya que en esta época del año la contaminación del agua es mayor.

5. Implementar los filtros naturales para mejorar los aspectos físicos del agua y lograr la ausencia de *E. coli* y coliformes en el agua.

6. Determinar la patogenicidad de las bacterias que se puedan encontrar en las fuentes de agua; con el fin de poder relacionarlas con patologías en los pobladores del caserío.

7. Considerar la implementación de kit de diagnóstico molecular de bacterias.

8. Implementar el uso de pruebas rápidas para análisis de agua, con el fin de mejorar las técnicas utilizadas y obtener resultados en menor tiempo.

9. Evaluar la presencia de compuestos químicos de pesticidas y estimulantes hormonales en el agua, los cuales son utilizados en los cultivos del caserío, para evitar que sean una fuente de contaminación del vital líquido.

10. Implementar el uso de la semilla de moringa en el diseño de los filtros naturales ya que, al observar los resultados obtenidos en la investigación anexa a este documento, se comprobó su eficacia como agente bactericida en el agua.

11. Realizar un análisis estadístico multivariado, para determinar los parámetros críticos en la contaminación de las fuentes de agua.

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (*A. COMOSUS*) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTINUA.

1. Se recomienda implementar el Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y luego de un año realizar una evaluación del cumplimiento de su aplicación, para compararlo con los resultados obtenidos en este módulo.

2. Realizar un análisis físico, fisicoquímico y sensorial luego de aplicar las Buenas Prácticas Agrícolas al cultivo de piña durante todo el proceso de producción, para compararlo con los resultados obtenidos de la producción actual.

3. Capacitar, supervisar y proporcionar asistencia técnica a los pobladores, con respecto al uso adecuado de abonos, fertilizantes y agroquímicos para los cultivos locales.

4. Efectuar evaluaciones de acidez titulable y de sólidos solubles para poder realizar una relación ácido/dulce en posteriores estudios.

5. Promover un estudio tipográfico en los suelos de la comunidad, así como un del cultivo de la piña *A. comosus,* para su posterior aplicación en el diseño agronómico e hidráulico de un sistema de riego por goteo.

6. Desarrollar un proceso de elaboración de jalea y mermelada para aprovechar la piña rechazada que aún se encuentra en buen estado.

7. Diseñar letrinas para la comunidad tomando en cuenta los criterios mencionados en el manual de BPA y económicos de la comunidad.

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

1. Diseñar la vivienda con la metodología LRFD (*Load resistance factor design* por sus siglas en inglés) para comparar si se pueden optimizar aún más las secciones comparado con las obtenidas a través de la metodología ASD (*Allowable strength design* por sus siglas en inglés).

2. Implementar un estudio del suelo para determinar su capacidad portante, debido a que el lugar presenta muchas laderas. En esta investigación no se llevó a cabo debido al alto costo que representa y al alcance del trabajo, sin embargo, valdría la pena obtener financiamiento por parte de alguna organización que se interese en el proyecto, para hacer el estudio completo del suelo y asegurar que las viviendas se encuentran en un fuera de riesgos por deslizamientos.

3. Hacer una comparación de especies de madera y probar el diseño de la vivienda con una más dura, ya que la madera laurel es blanda. De esta forma, se podría verificar si existe una reducción en el volumen de madera utilizada y en los costos de fabricación.

4. Utilizar páneles pre-fabricados en la vivienda le darían un mayor embreizamiento a la misma y aportarían una ventaja estructural al sistema de resistencia lateral porque actuarían como diafragmas rígidos, lo que significaría un reemplazo para los tabloncillos utilizados como fachada. Esto resultaría en un menor volumen de madera y en la reduccción del alto costo que representan (actualmente el 29.67%).

5. Una lámina de policarbonato vuelve más durable la cubierta, por lo que se recomienda la evaluación de su uso en lugar de la lámina de zinc, ya que esta última se corroe con el tiempo y el remplazo de la misma será inevitable, sin embargo el costo de una lámina de policarbonato es mayor. Por lo tanto, se recomienda como una segunda fase de este proyecto, la investigación de una solución más durable, resistente y económica para la cubierta del techo.

6. Una segunda fase de este proyecto podría ser el análisis de factibilidad de la implementación de un sistema económico de aislamiento térmico en la cubierta de la vivienda, como el machimbre o duroport, y compararlo con el sistema actual que consiste en darle gran altura a la casa y mantener los espacios entre habitaciones abiertos para dejar que fluya el aire. La lámina de cubierta por si sola retiene mucho calor del sol, lo que podría elevar la temperatura ambiente de la vivienda.

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

1. Gestionar el apoyo de la municipalidad para que elabore un programa que permita ofrecer los talleres educativos, de ser posible de manera paralela a la implementación del sistema de captación y almacenaje de agua pluvial, para asegurar el buen funcionamiento.

2. Agregar una válvula entre la unión del sistema de desvío y la tubería principal, ya que hay días que llueve seguido y no es necesario que se desvíen las primeras aguas.

3. Evaluar los costos de un sistema de primeras aguas que funcione con un flotador, para realizar el cambio de tuberías y bajar costos.

4. Gestionar el apoyo de la municipalidad para que realice el monitoreo de la calidad del agua cada tres meses, que es el periodo en el que el agua presenta cambios en sus características. Si el agua presenta agentes patógenos se recomienda el uso de cloro para eliminar microorganismos que puedan afectar la salud del consumidor.

5. Implementar en marzo y abril el sistema para las prácticas de agricultura, ya que en éstos meses secos es donde puede unirse al sistema de riego. Con ello se lograría que los pobladores cosechen en este periodo en que normalmente no lo hacen porque no tienen como suplir el sistema desde los puntos de abastecimiento.

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

1. Dar continuidad a los muestreos de agua de río y lluvia, en el caserío San Agustín, puesto que estos parámetros varían según la contaminación del lugar.

2. Si incrementa el caudal de agua cruda, se debe usar un manual de escala apropiado, ya que la retención de partículas y coliformes no es lineal. Por lo que el aumento de altura y diámetro del filtro tampoco es lineal.

3. Para aguas más contaminadas, es necesario comparar los resultados con los estándares teóricos, para reclasificar el agua cruda y determinar si requiere un tratamiento anterior a la filtración.

4. Realizar por día, dos llenadas del filtro, para cubrir la demanda requerida por los habitantes del caserío San Agustín; y por asepsia, no almacenar agua dentro del filtro.

F. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

1. Investigar qué materiales de la comunidad están disponibles para sustituir el geotextil.

2. Diseñar un sistema de tubería para utilizar el agua tratada en el riego de las siembras del caserío.

3. Triturar el carbón vegetal para aumentar su peso específico y evitar que flote.

4. Elaborar un sistema de control, para garantizar que se mantenga la altura mínima del agua sobrenadante en el filtro.

5. Elaborar un manual de mantenimiento de los filtros, por medio de un estudio del tiempo necesario en el que se requiere realizar el lavado de los mismos.

G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

1. Considerar una estructura alterna del diseño de las duchas públicas, que utilice tubos de hierro y madera como materiales de construcción.

2. Buscar otras opciones de bombeo con posibilidad de modificación, como la conversión de bicicleta en maquinaria de bombeo, para facilitar el trabajo manual del usuario. Este tipo de conversión se hace en Guatemala, en donde se recicla una bicicleta sin uso.

3. Evaluar la opción de diseñar un filtro que utilice materia orgánica disponible y accesible para el caserío Cumbre de San Agustín, con el fin de reducir la contaminación generada por la descarga de aguas grises del diseño de las duchas públicas, el material puede ser aserrín o cáscara de coco.

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

1. Para el replanteamiento topográfico se tuvo la dificultad de no contar con un registro físico de los puntos y las estaciones consideradas en el levantamiento realizado por EPICSA, de modo que se realizó uno nuevo a partir de un punto de referencia común, el cual fue la escuela de la comunidad. Por lo tanto, se recomienda dejar mojones de concreto o puntos de marca para partir de los mismos puntos que los considerados en levantamientos anteriores.

2. Como continuación de este módulo, se sugiere diseñar el sistema de alcantarillado para las viviendas de la población, apoyándose en los módulos del megaproyecto que diseñaron los sistemas de tratamiento de agua para duchas y lavado de ropa.

I. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DEL AGUA Y DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

1. En este módulo del Megaproyecto, se trabajó una propuesta para un programa educativo comunitario en materia de manejo de agua, salud, saneamiento e higiene. Sin embargo, cubre únicamente las fases de análisis, diseño y evaluación formativa, por lo que es necesario completar las fases de desarrollo, implementación y evaluación sumativa para enriquecer la propuesta. La evaluación sumativa debe darse a través de visitas espaciadas, en un rango de tiempo de seis meses aproximadamente, para determinar la sostenibilidad del programa educativo y el impacto en función del cambio de conductas.

2. Parte del componente de sostenibilidad de la propuesta educativa es la capacitación de los facilitadores, lo cual se incluye en la fase de desarrollo. Aunque se pretende que la información llegue a toda la comunidad, se recomienda trabajar con líderes y miembros que puedan servir como promotores de salud o transformadores del cambio, a través de la réplica de conocimientos adquiridos.

3. Una comunidad es un sistema vivo y cambiante, por lo que se sugieren más visitas de obtención de datos y reconocimiento de la población, a fin de obtener un perfil aún más completo de la realidad de la comunidad. Tal acción permitirá tomar decisiones para mejorar o pulir la propuesta actual.

4. Uno de los componentes de la fase de desarrollo es hacer un pilotaje. Se recomienda que el pilotaje se haga previo a la implementación de la propuesta, con la consigna de identificar fortalezas y debilidades, y tomar así decisiones de modificación según de los resultados obtenidos. Así se asegura mayor eficiencia de recursos y de impacto.

XI. BIBLIOGRAFÍA

ABC Rural, 2012. "*Riego en cultivo de piña"*. Recuperado 29.10.2012 http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/riego-en-cultivo-de-pina-471043.html

AGEXPRONT. 2004. *"Guía de buenas prácticas agrícolas".* Guatemala. Editorial Serviprensa, S.A. 101 págs.

Aguilar, P. 2007. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1.* Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 196 págs.

Aghyere, Aby. y J. Vigil. 2007. *Structural Wood Design, A Practice-Oriented Approach using ASD Method.* Hoboken. New Jersey. John Wiley & Sons, INC. 396 págs.

Álvarez García, L.A 1964. *"Algunos problemas fitopatológicos en la producción de piña"*. Estados Unidos. Esso Agrícola. 20 págs.

Alonso Chacón, P. 2012. *La Andragogía como disciplina propulsora de conocimiento en la educación superior. Revista Electrónica Educare, 16* (1), 15-26.

American Forest, Paper Association y American Wood Council. 2005*. NDS, National Design Specification For Wood Construction.* Washington DC. 71 págs.

Arqueous Solution. 2013. *La construcción de un sistema de tratamiento de agua de barreras múltiples usando materiales locales.* Recuperado 31.03.2014. http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/water-system-handbook-spanish.pdf

Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera. Año desconocido. *Propiedades Mecánicas de la madera. Recuperado 30.03.2014.* España. *http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf*

Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica. 2011. *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada*. Tegucigalpa, Honduras.

ATL. 2013. *Los humedales artificiales: componentes y tipos.* Recuperado el 01.07.2014 http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5954:los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos&catid=119:investigacion-y-agua&Itemid=462

Autodesk. *Autodesk Revit*. Recuperado 02.07.2014. http://www.autodesk.es/products/autodesk-revit-family/overview

Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal AMASURI. 2010. *Informe de Análisis de Agua de Muestras de la Municipalidad de Morales, Izabal.* 35 págs.

Azevedo, J y G. Álvarez, 1975. *Manual de hidráulica.* Editorial Harla S.A, México 454págs

Banco Mundial. (sf). *Appendix I. Methods and Tools*. Retrieved octubre de 2014 from Sitio del Banco Mundial : http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEV/Resources/3177394-1167940794463/ParticipationSourcebookMethodsAnnex.pdf

Banco Mundial. 2013. *SARAR: Self-esteem, Associative strength, Resourcefulness, Action planning and Responsibility*. Retrieved octubre de 2014 from Poverty Reduction and Equity: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTPOVERTY/EXTISPMA/0,,contentMDK:20193714~menuPK:412148~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:384329~isCURL:Y,00.html

BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2013. *Estadisticas de producción exportación, importación y precios medios de los principales productos agrícolas.* Guatemala. Autor. 26 Págs.

Barrera Chacón, L. 2012. *Área de Salud de Izabal. Trabajo con Niñez y Adolescencia.* Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Dirección de Salud de Izabal.

Bayern. S.A. 2014. *Ficha técnica del Ethrel 48 SL*. Recuperado el 12 de octubre de 2014 de : http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproducto.asp?id=129

Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology.* Wiley-Liss. 4ta edición, Editorial Wiley-Blackwell, Estados Unidos. 940 págs.

Blau Rustic s.I.I. 2011. *Artifexbalear*. Recuperado el 20.03.2014 http://www.artifexbalear.org/tec_apr.htm

Boege, E. 2003. *Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina y el Caribe.* México: SEMARNAT, INI, PNUMA .

Brown, Joe, S. Cairncross y J. Ensink. 2013. *Water, sanitation, hygiene and enteric infection children.* Archives of Disease in Childhood. (0): 1-6.

Bosch, J. y J. Hewlett, 1982. *A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration*. Journal of Hydrology, 55 (1-4), 3-23.

Buenfil, J. 2011. *La jardinería que filtra las aguas grises para reciclarlas.*Editorial Taller de Artes y Oficios AC y Sarar Transformación SC. Mexico. 75ágs

Bruijnzeel, L. 1990. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review.* Armsterdam. The Faculty of Earth Science Holanda.115págs

Bruijnzeel, L. 2004. *Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for trees?* Agriculture, Ecosystems & Enviornment 104 (1), 185-228

Caltzontizin, B. G. 2003. *La vivienda campesina sustentable en el desarrollo comunitario .* México: SEDESOL.47pags

Casanova, L. 2002. *Topografía plana.* Venezuela. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Vías. 175págs

Castañeda, M; D. Castañón y O. Arteaga. 2000. *Lineamientos de política hídrica nacional y propuesta para el fortalecimiento del marco institucional y legal del sector recursos hídricos. Plan de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (PMIRH)*. Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación 243p.

Castro De Esperanza, M. L. 1997. *Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en América Latina, acondicionamiento del agua para bebida.* Toluca, México: CIRA, Facultad de Ingeniería, UAEM. 194págs

Caraballo Colmenares, R. 2007. *La andragogía en la educación superior*. *Investigación y Postgrado , 22* (2): 187-206.

Centre for affordable (Water and sanitation Technology). 2009. *Manual para el filtro de bioarena.* Canadá.215págs

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua CIDTA. 2013. *Método de comparación gráfica de poblaciones.* España. Universidad de Salamanca. 98pp

Chang, G. 1989. *Monografía del Departamento de Izabal.* Edición Digital. Estados Unidos: Universidad de Virginia. 287 págs.

_____ 1995. *"Guía de historia y geografía del Departamento de Izabal"*. Universidad de Texas. 45 págs.

Clark, J. y S. Sigüenza. 2013. *Manual de Laboratorio de Microbiología.* Guatemala.Universidad del Valle de Guatemala.

Cochran, W. 1950. *Estimation of Bacterial Densities by Means of the Most Probable Number.* STOR. 6 (2):105-116.

CODEX STAN 182-1993, REV. 1-1999, EMD. 1-2005. *Norma del Codex para la Piña*. 5 páginas.

Comisión Guatemalteca de Normas. *Catálogo de Normas Técnicas Guatemaltecas.* Guatemala: Ministerio de Economía. 76 págs.

*COGUANOR NTG 29001.*1999. *Agua para Consumo Humano (Agua Potable).* Ministerio de Economía. 12 págs.

_____1999. *Agua Potable.* Guatemala: Ministerio de Economía. 15 págs.

Congreso de la República de Guatemala. 1997. *Decreto Número 90-97. Código de Salud.* Guatemala.

Contreras, R; N. Hernández y M. Ruiz. 2013. Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizadas en Japón. Distrito Federal, Mexico .

Corporación Austriaca para el desarrollo. 2006. *Biofiltro: Una opcción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.* Nicaragua: Water and sanition program (WSP). 135págs

CSI (computers and structures, inc). Año desconocido. *Products. Estados Unidos.* Recuperado: 03.07.2014. http://www.csiberkeley.com/sap2000

Culatta, R. 2013. *ADDIE Model*. Recuperado: 03 de marzo de 2014.

Dangol, B. 2012. *Tratamiento doméstico de agua y almacenamiento*. Recuperado 29:07:2014. http://www.sswm.info/category/step-gass-en-al/gass-en-castellano/gesti%C3%B3n-de-agua-y-saneamiento-sostenible-en-am%C3%A9rica-l-20

deGuate. 2014. *Producción agrícola en Guatemala*. Recuperado el 06.08.2014: http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-agricola-en-guatemala.shtml#.VERqF8J5OSo

deGuate. 2014. *Producción de piña en Guatemala*. Recuperado el 06.08.2014: http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VERu_8J5OSo

De León, M. 2014. Teresa López. 18 de agosto de 2014. *El programa educativo de ECOFILTRO.* Guatemala. Transcripción.

Delgadillo, O. *et al* 2010. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Recuperado: 03.07.2014. http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf

Dirección de agua potable y saneamiento básico. 2000. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.* Bogotá, Colombia: Ministerio de Desarrollo.

Ecuador Forestal. *Ficha técnica No. 8 Laurel*. Recuperado 30.03.2014 http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/laurel.pdf

Echeverría, O. 2014. *Clase magistral de Ingeniería Sanitaria "Parámetros de Diseño".* Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil.

ENEI, *Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos*. 2013. Recuperado 30:10:2014. Versión pfd en: http://www.intecap.edu.gt/oml/images/publicos/ENEI_I_2013.pdf

EPICSA. 2008. *Estudio de la Factibilidad y Diseño Final para la Introducción del Sistema de Agua Potable de Caserío Cumbre de San Agustín del Municipio de Morales, departamento de Izabal.* Guatemala. 105 págs.

E.U. Politécnica. 2001. *Manual del Carbón Activo.* U. Sevilla. Recuperado el 12.09.2014: www.aguapedia.net.

FAO. 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia.* Recuperado 06.06.2014. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

FAO; UE. 2011. *Filtro casero para aguas grises.* Recuperado 05.07.2014. http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/10/13195642049240/filtrosfinal_alta_resolucion.pdf

Food And Agriculture Organization. 2007. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar.* Recuperado el 06.08.2014: http://www.fao.org.com/manualbpa.pdf

Futper carpintería para la decoración. 2011. *Propiedades físicas de la madera.* Recuperado: 30.03.2014 *http://www.futper.com/blog/2011/08/propiedades-fisicas-de-la-madera/*

Garcia, Y. 2011. *"Estudio de la variación del índice de color durante la conservación de la piña Ananas Comosus a temperatura ambiente".* Recuperado: 15.09.2014. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542011000400002&script=sci_arttext

García, A. 2006. *Financiamiento de la Producción de Unidades Artesanales en el Municipio de Morales, Izabal.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 176 págs.

Garston, W. 1999. *American Plywood in roof construction: a design guide*. London, England. RIBA CPD assessed material. 24 págs.

Gobierno de Guatemala. 1985. *Constitución Política de la República de Guatemala.* Guatemala.

Gobierno de Guatemala. 2014. *Política nacional del sector de agua potable y saneamiento.* Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Gödo, Roberto. 2011. *Guía Técnica para el diseño de Estructuras de Madera.* Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 146 págs.

Gremial Forestal de Guatemala. Año desconocido. *La madera y sus propiedades.* Guatemala. Recuperado 04.07.2014. http://www.gremialforestal.com/articulos/la_madera_y_sus_propiedades.pdf

Gruzdev, I, *et al.* 2011. *Quantification of Chloroanilines in Drinking Water by Gas Chromatography as Bromo Derivatives*. Journal of Analytical Chemistry. 66 (10): 1073-1080.

Goulds Pump Inc. Sin fecha*. Head Section 1.* Recuperado: 03.07.2014. http://www.webbpump.com/technical-support/centrifugal-pump-basics/head-section-1.php

Hammes, Frederik y T. Egli. 2010. *Cytometric methods for measuring bacteria in wáter: advantages, pitfalls and aplications*. Springer. (397):1083-1095.

Hernández, F. y J. Beltrán. 1995. *Análisis de Residuos de Plaguicidas en Aguas*. Universidad Jaime I, Castellón. 321-355.

HidroPluviales. (Sin fecha) *Captación agua de lluvia*. Recuperado: 29.07.2014. http://hidropluviales.com/?p=621

IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2005. *Situación del Recurso Hídrico en Guatemala.* Guatemala.

IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2013. *Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala*. Guatemala.

INFOM-UNEPAR (Instituto de fomento municipal – Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales). 1997. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales.* 2ª revisión.Guatemala.

INIFAP, 2011. *Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la region sur-sureste de México: Tropico Humedo 2011. Paquete tecnológico Piña MD2 A. Comosus*. Cotaxtla/Papaloapan, Veracruz. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental. 233p.

Instituto Carlos Slim de la salud. 2012. *Las aguas jabonosas, manual de buenas prácticas*.Recuperado: 05.03. 2014. http://slim.eidos.netdnacdn.com/wpcontent/uploads/2013/04/Manual-Aguas-Grises-Web.pdf

Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). 1976. *Guía para la exportación de productos agrícolas no tradicionales. Piña.* 57págs.

Instituto Nacional de seguridad e higiene. Año desconocido. *Industria de la madera*. Recuperado: 30.03.2014 http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/71.pdf Ministerio de empleo y seguridad social.

Instituto Técnico de Capacitacion y Productividad. 1979. *Agricultura Básica*. Guatemala. Reproducciones del INTECAP. 177 págs.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2000. *Norma Técnica colombiana (NTC 2572).* Bogotá, D.C. Segunda actualización INCOTEC.

Instituto de Investigación y Promoción Social. 2009. *Informe actividad educativa: fortalecimiento de los recursos humanos de la micro red Contumazá de la Dirección Regional de Salud Cajamarca sobre el sistema de vigilancia comunal en salud.* Recuperado el 22.07.2104: http://dc408.4shared.com/doc/2c94rxrY/preview.html

Instituto Nacional para la Educación de los Adultos. 2007. Andragogía. *Lectura , Año 9* (1).

INSIVUMEH. 1928-2003. *Atlas meteorológico, isoyetas de precipitación pluvial.* Guatemala. Recuperado: 30:03:2014. http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/isoyetas.jpg.

INSIVUMEH. 2012. *Programa de hidrología*. Recuperado 03:07:2014. http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios_de_guatemala.htm

Jiang, H, *et al.* 2006. *Enzyme-Linked Immunosorbent Analysis (ELISA) of Atrazine in Raw and Finished Drinking Water.* Environmental Engineering Science. 23 (2): 357-366.

Jordán, F. Personal. Jorge Rodríguez. 07.12.2013 *Entrevista sobre situación actual en Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izaba*l. Transcripción.

Kaimovitz, D. 2001. *Cuatro medio verdades: la relación bosques y agua en Centroamérica*. Revista Forestal Centroamericana 33, 6-10

Kestler. R. 2011. *Comisión de Salud y Asistencia Social.* Recuperado 27.06.2014.

Knowles, Malcolm; E. Holton, y R. Swanson. 2011. *The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development* (6a Edición ed.). Routledge. Recuperado 03:03:2014. http://sitios.usac.edu.gt/ipn_usac/wp- content/uploads/2011/08/Dictamen-favorable-a-la iniciativa-de-Ley-4313.pdf

Kravitz, J., *et al.* 1999. *Quantitative bacterial examination of domestic wáter supplies in the Lesotho Highlands: wáter quality, sanitation, and villaje health.* Bulletin of the World Health Organization. 77 (19): 829-836.

Lahora, A. 1998. *Humedales controlados como tratamiento terciario de aguas residuales urbanas.* España. Instituto de Estudios Almerienses, Universidad de Almería, Grupo Ecologista Mediterráneo. 229págs

Lavin, A. 1984. *Riego por goteo sobre dos tipos de viñedos Cv. Pais, en el secano interior de Cauquenes. I. Efectos sobre producción y crecimiento de las plantas.* Agricultura Tecnica. Chile. 44 págs.

Lee Mark. y V. J. 1992. *Waterharvesting a guide for planners and project managers.* The Netherlands: Technical paper Series Volumen No. 30, Editorial IRC. 106págs.

Lenntech.R *Tratamiento y Purificación del Agua. Recuperado: 13.03.214* http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedadestransmitidas-por-el-agua.htm

Ley de Guatemala. *Acuerdos gubernativos y ministeriales.* Recuperado: 24.02.2014 *http://leydeguatemala.com/*

López, N. J. Personal. Rodríguez, Jorge. 07.12.2013. Entrevista a Encargado de Proyectos de Agua en Municipalidad Morales Izabal. Transcripción.

Luby, Stephen, *et al.* 2008. *Difficulties in Bringing Point of Use Water Treatment to Scale in Rural Guatemala.* The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 78(3):382-387.

MacCabe, W *et al.* 2007. *Transporte y medición de fluidos. Operaciones unitarias en ingeniería química.* México. McGraw Hill 749págs

Marckechová, Diana, *et al.* 2013. *Fluorescense Excitation-Emission Matrix Spectroscopy and Parallel Factor Analysis in Drinking Water Treatment*». Polish Journal of Environmental Studies. 22 (5):1289-1295.

Marco, J. Sin fecha. Química del agua. Recuperado: 01.07.2014. http://www.quimicadelagua.com/Conceptos.Analiticos.Dureza.html

Marinof, N., *et al.* 2001. *Metodologías participativas en educación sanitaria. Una adaptación de PHAST para Comunidades Rurales Andinas del Perú.* Lima. Banco Mundial.

Mayorga, R. 1999. *Diseño de abastecimientos rurales de agua potable.* 2ª edición Editorial Piedra Santa 157p.. Guatemala,

MINEDUC. 2013. *Ficha Escolar*. Recuperado: 02.2014 . http://estadistica.mineduc.gob.gt/fichaescolar/

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 2011. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.* Guatemala. Instituto de Fomento Municipal. 64 págs.

_____ 2013. *Proyección para Población 2013.* Recuperado: 19.02.2014. *http://sigsa.mspas.gob.gt/datos-demograficos.html.*

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2007. *Guatemala: el despertar de mi tierra.* [Video]. Disponible en DVD Guatemala. Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2010. *Manual de Construcción de Reservorios de Agua de Lluvia.* Recuperado 02. 07. 2014. http://www.academia.edu/293647/Manual_de_Construccion_de_Reservorios_de_Agua_de_Lluvia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *"Agricultura Limpia: Buenas Prácticas Agrícolas"* Colombia. Recuperado: 14.06.2014. http://www.agronet.gov.co/www/peqprod/imagenes_agricultura/agro_apl_pdfBpa.pdf

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2011. *Cuencas Hidrográficas de Guatemala.* Dirección General de Planificación, Programación Política y Estrategias Ambientales, Guatemala. 52p.

Molina, V. 1991. *Las zonas áridas y semiáridas, sus características y manejo.* ISBN: 968-18-3402-X. Limusa. México

Montgomery, M. 2007. *Water and Sanitatioin in Developing Countries: Including Health in the Equation.* American Chemical Society. 17-24 págs..

Morales, L. 2008. *Geografía de Guatemala*. Volumen 8. Editorial del Ministerio de Educación Pública. Guatemala. 134 págs.

Mosler, H., *et al.* 2014. *Improving and monitoring the health impact of water, sanitation and hygiene interventions in developing countries.* Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag) , Department of Environmental Social Sciences . Dübendorf, Suiza. Working Papers in Environmental Social Sciences .

MSPAS. 2011. *Acuerdo Ministerial 572-2011. Normas de Diseño para Sistemas Rurales de Agua.* Guatemala. 234p.

MSPAS. 2013. Acuerdo Ministerial No. 523-2013. *Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad de agua para consumo humano*. Guatemala. 7 págs.

MSPAS. 2009. *Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano.* Guatemala.6 págs.

Municipalidad de Morales, Izabal. 2010. *Plan de Desarrollo Morales, Izabal 2011-2025.* Guatemala. 104 págs.

Nagata, Jason, *et al.* 2011. «*Criticisms of chlorination: social determinants of drinking wáter beliefs and practices among the Tz'utujil Maya».* Revista Panamericana de la Salud. 29(1):9-16.

Natareno, A. 2012. *Departamentos.* Recuperado: 29.07. 2014. http://www.deguate.com/artman/publish/geo_deptos/Datos_de_Izabal_398.shtml#.UzoYjqiSzD- y http://www.deguate.com/municipios/pages/izabal/morales/aspectos-demograficos.php#.UzoYgqiSzD9

Nelson, David y M. Cox. 2009. *«Capítulo 2: El Agua» Lehninger Principios de Bioquímic*a. 5ta. ed. España. Ediciones Omega. 1152 págs.

Nyatsanza, T. y L. Chaminuka. 2014. The Role of Information Communication Technology (ICT) Towards Achieving the Millenium Development Goals (MDGs) on Water and Sanitation for Women in Zimbabwe. *International Journal of Multidisciplinary Academic Research , 2* (1), 13-24.

Nimatuj, E. 2012. *Proceso metodológico para la construcción de cajas de captación y tanques de distribución de sistemas de agua potable rural.* Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 147 págs.

Normas oficiales para la calidad de agua Argentina. Disposiciones de la Ley 18284 (Código alimentario argentino) sobre aguas. Editorial Consultora de Aguas. Argentina 25págs

Norma Boliviana NB 512. 2005. *Calidad de agua potable para consumo humano*. Ministerio de Servicios y Obras Públicas. Viceministerio de Servicios Básicos. Bolivia. 48 págs.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. *Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. México. 55págs.

Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04:2006. Agua. Agua potable. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Dirección de Regulación. Dirección General de Salud. El Salvador. 30págs.

Oregon State University. (sf). *Instructional Design. Retrieved 2014 from Extension and Experiment Station Communications*. Recuperado: 10:04:2014. http://extension.oregonstate.edu/eesc/instructional-technology/instructional-design

Orellana, J. 2005. *Características del Agua Potable.* Recuperado: 18.02.2014 *http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf*

Organización Mundial de la Salud. 2008. *Capítulo 2: Marco para la Seguridad del Agua de Consumo Guías para la calidad del agua potable.* 3ra. ed. Estados Unidos. 398 págs.

_____ 2008. *Capítulo 7: Aspectos Microbiológicos» Guías para la calidad del agua potable.* 3ra. ed. Estados Unidos. 398 págs.

_____ 2008. *Capítulo 8: Aspectos Químicos. Guías para la calidad del agua potable.* 3ra. ed. Estados Unidos. 398 págs.

Organización Panamericana de la Salud. 1987. *Guías para la calidad del agua potable.* Estados Unidos. Oficina Sanitaria Panamericana. 19 págs.

Organización Panamericana de la Salud. 1995. *Guias para la selección y aplicación de tecnologias de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en America Latina y El Caribe.* Serie técnica No.30. Washington, D.C. Organización Mundial de la Salud.

Ortiz, J. 2011. *Estudio de factibilidad de instalación de un sistema de riego por goteo en el cultivo de la piña (ananas comosus L. Merr) en Cuji Estado Lara*. Tesis Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado. Venezuela. 142 págs.

Oxford University Press. 2014. *Saturation.* Recuperado: 02.07.2014. http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/saturation

Pac, P. 2005. *Experiencias en el cultivo de piña (Ananas Comosus (L) Merr.) con el híbrido MD2 en finca la plata, Coatepeque, Quetzaltenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómmicas. Guatemala. 61 págs.

Pacheco, A. 2006. *Sistema de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano.* México. Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia.

PASOLAC. *Sin fecha. Bomba de ariete hidráulico.* Recuperado: 31.03.2014. http://www.funica.org.ni/docs/riego_01.pdf

Pazos, M. 2009. *Estudio en riego y fertirriego en arándano*. Facultad de Ciencias Agrarias.-UNL-Chile. Pág14

Picker, L. 2014. The Effects of Education on Health. Estados Unidos de América. Cambridge, MA. Recuperado: 10:04:2014. http://www.nber.org/digest/mar07/w12352.html

Plan International Inc. 2011. *Estrategia de Agua y Saneamiento Aldea Cumbre San Agustín, Morales Izabal*. Plan Internacional. Guatemala. Pp75.

Prachi, V, *et al.* 2008. *A Community-based Bacteriological Study of Quality of Drinking-water and Its Feedback to a Rural Community in Western Maharashtra, India.* Journal of Health, Population and Nutrition. 26(2):139-150.

PREPAC. 2005. *Inventario de cuerpos de agua continentales de Guatemala, con énfasis en la pesca y acuicultura*. Guatemala. Autor. 878 págs.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2011. *Cifras para el Desarrollo Humano: Izabal.* Guatemala. Autor. 12 págs.

PROFRUTA (Proyecto de Frutales, GT). 1993. *Estudio sobre el cultivo de la piña en Guatemala.* Guatemala. Pp.55

Quinto, D. 2012. *Carta al Alcalde de Morales, Izabal dando aval a ejecución de proyectos*. Oficio No.1051/2012. Puerto Barrios, Izabal, Guatemala. Autor.

Raeburn, J. 1987. *Agricultura: bases, principios y desarrollo.* Barcelona, España. Editorial Reverte S.A. 400 págs.

Raju, Antony y Ferdinand B. 2012. *Microbiological analysis of drinking wáter quality of Ananthanar cannel of Kanyakumari district, Tamil Nadu, India*. Revista Ambi-Agua. 7(2): 42-48.

Revista GTCIT Magazine. 2014. *El departamento de Izabal"*. Recuperado: 28.03.2014. http//www.gtcit.com/el_departamento_de_izabal_guatemala/

Roca, J. S.F. *Bomba Aspirante.* Recuperado 02:07:2014. https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/aparato_de_gay.htm

Rojas, J. A. 1999. *Potabilización del agua. 3ra. Edición.* México. Alfaomega.

Romero, M. 2008. *Tratamientos Utilizados en Potabilización de Agua.* Boletín de la Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Guatemala]. (8):1-12.

Romero Pavón, P. 1997. *Contribuciones al manejo de recursos hídricos en América latina, Enfermedades hïdricas. .* Toluca, México:.CIRA, Facultad de Ingeniería, UAEM. 287págs

Romero, J. 2006. *Purificación del agua.* Bogotá, Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Sáenz, G. 1995. *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. 336págs

Sancho, Ernesto y M. Baraona. 1991. *Fruticultura II.* EUNED. 73 págs.

Sandoval, J. 1997. *Diseño de dos sistemas de riego (Aspersión y goteo) para el campo experimental de la facultad de agronomía.*Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 75 págs.

Sarar Transformación, SC. 2010. *Filtros de aguas Grises*. Editorial Sarar Transformación Tepoztlán , Morelos, Mexico . 15págs

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. 2013. *Informe Primer Año de Gobierno.* Guatemala. SEGEPLAN/IMART.Pp.175

SEGEPLAN Gobierno de Guatemala. 2012. *Pacto Hambre Cero: Retos para Guatemala.* Retrieved 2014 from UNICEF: consultado el 12.6.2014 en http://www.unicef.org.gt/2_sala_de_prensa/docs_y_media/4_SEGEPLAN_Hambre_cero.pdf

Segura, M. 2006. *Creciendo Bien. Con Higiene, se previene.* Guatemala. Gobierno de Guatemala. 44 págs.

SEMARNAT, Gobierno Federal. 2013. *Sistemas de captación, almacenamiento.* México. Recuperado el 11.08.2013 www.conafor.gob.mx.

Seoánez, M. 1998. *Aguas residuales: tratamiento por humedales artificiales .* España. Mundi-Prensa. 796págs

Sartorius sterin biotech. 2008. *Papeles de filtro para el laboratorio y la industria .* USA. Science into solution. 45págs

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. 2006. *Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Guatemala.* Guatemala. 104 págs.

Simpson-Herbert, M., Sawyer, R. y Clarke, L. 2000. *The PHAST Initiative. Participatory Hygiene and Sanitation Transformation. A new approach to working with communities.* WHO & UNDP-World Bank and Sanitation Program. Geneva. World Health Organization.41 págs.

SIRASA, 2012. *Estudio del riego a goteo en el cultivo de maiz en una parcela de experimentación en la C.R. Montesnegros de Bujaraloz (Huesca).* Plaza Antonio Beltrán Martinez. Sociedad de Infraestructuras Rurales Aragonesas. España. 24 págs

Smith, M. 2002. *Malcolm Knowles, informal adult education, self- direction and anadragogy.* The encyclopedia of informal education. Recuperado: 10:04:2014 http://www.conseho.com/wp-content/uploads/2012/07/Malcolm-Knowles-Research.pdf

Solano, E. 1991. *Prácticas de laboratorio de química organica*.Universidad de Murccia. Editum. España Pp. 173.

Solsona, F. 2002. *Guías para elaborar normas de agua potable en países en vías en desarrollo.* Organización Mundial de la Salud. Lima, Perú. 77 págs

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF), 21 Edición, 2005. Estados Unidos 191págs

Tabarini, A. 2005. *Calidad del agua de las fuentes superficiales y subterráneas, plantas de tratamiento y pozos de influencia que abastecen la red de distribución de la ciudad de Guatemala.* Guatemala. Empresa Municipal de Agua (Empagua), Municipalidad de la ciudad de Guatemala.

Tereiro, R. 2002. *Agua de lluvia, agua saludable. Aljibes: Historia, actualidad y futuro, a partir de la experiencia de APRESAL en Alta Verapaz.* Guatemala.241págs

Thompson, A. 2003. *Fruit and Vegetables Harvesting. Handling and Storage*. 2da ed. Blackwell Publishing.Estados Unidos Pp. 445

Torres, Jose Carlos; M. Sánchez y F. Osorio. 2010. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes* . Madrid, España. Diaz de Santos.145págs

Treybal, R. *Operaciones de Transferencia de Masa*. 2ª edición ed. Islandia, Islandia: McGraw-Hill.

UNAM. *(Sin fecha) Fenómenos de superficie: Adsorción.* Recuperado 01.07.2014. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad3Adsorcion_19664.pdf

UNATSABAR. 2001. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia.* Recuperado: 06.06. 2014. http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf

UNICEF. *Agua, saneamiento e higiene.* Recuperado: 18.02.2014. *http://www.unicef.org/spanish/wash/index_3951.html*

UNICEF Guatemala. *Agua, Medio Ambiente y Saneamiento.* Recuperado: 18.02.2014*. http://www.unicef.org/guatemala/spanish/wes_1646.htm*

Universidad de Granada. Año desconocido. *Efectos sísmicos-Proyecto de construcción "Ferrocarril de Velocidad Alta Murcia-Granada, Tramo Tijola-Serón*". Recuperado: www.ugr.es/~proyectos/TrenMurcia/memoria.../Efectos%20Sismicos.doc

UPCT. (Sin fecha) *Bomba mixta*. Recuperado: 3.07.2014. https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/bomba_mixta.htm

USAID & C-CHANGE. (Sin fecha). *Guía de Implementación de la estrategia Gobal de comunicación para el cambio social y de comportameinto (CCSyC) en el Altiplano de Guatemala.* Guatemala. Comunicación Para el Cambio. 370 págs.

Valdez, J. 2011. *Andragogía y educación popular: un diálogo inminente*. In V. S. Barreto, & J. d. Lacerda, *Comunicação, Educação E Cidadania: Saberes e vivências em teorias e pesquisa na América Latina*. João Pessoa. Brazil. Editora Universitária/UFPB. Págs. 89-110).

Vázquez, S y M. Espinosa, 2013. *Desinfección de agua de lluvias en comunidades rurales, utilizando filtros biológicos de arena.* Recuperado: 26.06.2014. http://www.atl.org.mx/images/stories/proyectos/4_CHidra_2013.pdf

Voet, Donald y J. Voet. 2006. *Capítulo 2: Soluciones Acuosas» Bioquímica.* 3ra. Ed. Argentina. Médica Panamericana. 1776 págs.

Walpole, R. 1999. *Probabilidad y Estadistica para ingenieros.*México Editorial Pearson Education.. 752 págs.

Walton, H. 1983. *Analisis quimico e instrumental moderno*. México. Editorial Reverte. 405 págs.

Waisbord, S. (Sin fecha). *Family Tree of Theories, Methodologies and Strategies in Development Communication.* The Rockefeller Foundation. Recuperado: 04:09:2014 http://www.communicationforsocialchange.org/pdf/familytree.pdf

Washington State Department of Health. (Sin fecha). *Appendix A. Models, Factors and Theories of Change*. Partners in Action: Good Nutrition, Active Living & Healthy Communities in Washington. Recuperado: 02:10:2014 http://depts.washington.edu/waaction/plan/append/a.html

Werner, D. y Bower, B. 1982. *Helping Health Workers Learn.* Palo Alto, California, Estados Unidos de América. The Hesperian Foundation. 600 págs.

Wood, D. y Walton, D. 1990. *Cómo planificar un programa de educación ambiental.* World Resources Institute (WRI) & Fishing and Wildlife Service (FWS), Centro Para el Desarrollo Internacional y Medio Ambiente. Washington, D.C. World Resources Institute. 49 págs.

World Health Organization y UNICEF. 2013. *Progress on Sanitation and Drinking-water 2013 Update.* UNICEF. Recuperado: 24:02:201 4http://www.unicef.org/wash/files/JMP2013final_en.pdf

Worck, K. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment*. Alemania. Hubert & Co. 729págs

Zakatov, P. 1981. *Curso de Geodesia superior.* Moscú. Editorial Mir. P.14

Zappone, M; A. Kaziska y G. Bogush, 2009. *Handbook of detergents*. Vol. 141. Taylor & Francis Group.814 págs.

ZonaIzabal. 2012. *Cambio de época seca a lluviosa será en abril*. Recuperado: 29.06.2014. http://zonaizabal.com/izabal/?s=lluvia

3M®. 2000. *3M ™ Petrifilm, Instruction Manual*. Estados Unidos. Carolina Biological Supply Company.10 págs.

XII. GLOSARIO

1. Abono orgánico: Fertilizante cuyos ingrediente es de origen natural
2. Acuífero: Capa o zona del terreno que contiene y por el que puede circular agua.
3. Adsorbato: Sustancia que se adsorbe en las superficies
4. Adsorbente: Sustancia con gran capacidad de adsorción
5. Adsorción: Proceso de atracción de las moléculas o iones de una superficie a otra, siendo el tipo más frecuente la adhesión de líquidos y gases en la superficie de los sólidos.
6. Afluente: Agua captada por un ente generador
7. Agua apta para consumo humano o agua potable: Es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor.
8. Agua potable: Es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor.
9. Agua: Es una sustancia líquida conocida estructuralmente como H_2O, es inodora, incolora y transparente.
10. Aguas negras: Agua que ha sido utilizada para transportar o lavar desechos fecales de humanos o animales.
11. Aguas servidas: Agua que ha sido utilizada en un proceso anterior y no ha sido purificada.
12. Alimento: Sustancia que puede ser utilizada por el organismo para mantener sus funciones vitales. Las frutas, verduras y agua son alimentos.
13. Análisis físico del agua: Es el análisis de los factores físicos que pueden llegar a influir en la calidad del agua, alterando su sabor, olor y color.
14. Análisis microbiológico del agua: Es el análisis de la carga microbiana que puede contener el agua naturalmente o por contaminación humana.
15. Análisis químico del agua: Es el análisis de factores químicos que al estar presentes en el agua pueden ser tóxicos para los humanos y animales.
16. Análisis: Separación en partes constituyentes. En ingeniería, la determinación mediante la investigación de los aspectos detallados de un fenómeno particular.
17. Anclaje: Se refiere a la sujeción para resistir el movimiento.
18. Animal Doméstico: Animal que se cría en compañía del hombre. Perros y gatos.
19. Animal Silvestre: Animal originario del bosque o campo. Algunos se constituyen en plagas.
20. Arena Sílica: material granular, su composición química es el bióxido de silicio.
21. Armadura: Estructura de elementos lineales que logran estabilidad mediante arreglos o disposiciones triangulares de sus elementos.

22. Arriostramiento: En diseño estructura, se refiere al subsistema que resiste movimientos causados por fuerzas laterales o por los efectos de pandeo.
23. ASD: Por sus siglas en inglés (Allowable Strength Design), esta es metodología de diseño más antigua que LRFD y es utilizada de la misma manera pero con diferentes factores de reducción de carga.
24. AZIMUT: Es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte, determinado astronómicamente. El azimutse mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
25. Bajante: tubería que sirve para conducir el agua de una parte elevada a una más baja.
26. Basurero: Sitio en donde se amontonan desechos que se recogen de los alrededores.
27. Bomba: Las bombas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación para transportar el fluido de un lugar a otro
28. Cabeza: Es la altura de la columna de líquido que ejercería esa cantidad de presión en su base.
29. Cálculo: Determinación racional y ordenada mediante métodos matemáticos.
30. Calidad del agua: Se refiere al estado de pureza del agua. Un agua de buena calidad está limpia y libre de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos.
31. Calidad: Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie. Requerimientos deseados de un consumidor con respecto a un producto.
32. Características físicas y organolépticas del agua: características que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio.
33. Características microbiológicas del agua: se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad.
34. Características químicas del agua: son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.
35. Carga de servicio: Es la combinación de la carga total que se espera que experimente la estructura en uso.
36. Carga dinámica: Es la presión ejercida por el agua circulante en un punto determinado del acueducto, es decir, la suma de las cargas de velocidad ($v^2/2g$) y de presión.
37. Carga estática: Llamada también presión estática. Es la diferencia de alturas que existe entre la superficie libre de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto, no más allá de su descarga libre. Se mide en metros de columna de agua.
38. Carga muerta: Es una carga permanente debida a la gravedad, la cual incluye el peso de la propia estructura.
39. Carga viva: La carga viva es cualquier componente de carga que no es permanente, incluye aquellas debidas al viento, efectos sísmicos, cambio de temperatura o contracción.

40. Carga: Fuerza activa (o combinación de fuerzas) ejercida sobre una estructura.
41. Caudal o gasto (Q): Medida que representa el volumen de residual que fluye por la sección transversal de una tubería o canal. Las medidas del caudal se expresan comúnmente en m3/s , l/s, m3/h ó m3/d.
42. Caudal: Flujo volumétrico líquido suministrado durante la unidad de tiempo. Cantidad de agua que mana de una fuente o que lleva un canal o un río. En el sistema métrico decimal se mide en metros cúbicos por segundo (m^3/s)
43. Centroide: Centro geométrico de un objeto, análogo al centro de gravedad.
44. Cernir: acción de separar con un cedazo, una materia gruesa de otra más fina.
45. Cimentación: Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.
46. Clase: Calidad clasificada de la madera.
47. Cloro residual libre: Parámetro que indica la concentración de cloro disuelto y químicamente disponible después de la cloración.
48. Coeficiente de Uniformidad: Relación calculada como el tamaño de la abertura a través de la cual pasará 60 % (por peso seco) de una muestra representativa de material filtrante, dividido por el tamaño de la abertura por la cual pasará 10 % (por peso seco) de la misma muestra.
49. Coeficiente de uniformidad: Relación de tamaño de granos que tiene un 60% más fino que el mismo, al tamaño que tiene un 10% más fino que el mismo.
50. COGUANOR: Es la normativa estándar que se utiliza en Guatemala para el cumplimiento de la potabilización del agua.
51. Coliformes: Es un conjunto de bacterias que se pueden encontrar en el intestino del hombre y animales, en el suelo, en las plantas, etc. Se utilizan como indicadores de contaminación.
52. Columna: Miembro sometido a compresión lineal.
53. Compost: Abono orgánico que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos, con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos.
54. Compresión: Fuerza que tiende a aplastar partículas adyacentes de un material entre sí y a causar una reducción de los objetos en dirección de su acción.
55. Concentración: Se entiende por concentración a una cantidad de substancia en relación con un volumen determinado que la contiene, el que puede ser aire, suelo o agua. Se expresa en unidades de masa entre volumen para agua y aire: g/l, mg/l y para suelos g/g, mg/Kg, etc. Las unidades más usuales son las siguientes : g/l, mg/l, g/g, g/100g, mg/g, mg/m3 (aire), etc.
56. Conector: Dispositivo para unir dos partes.

57. Conexión: La unión o junta de dos o más elementos distintos. En una estructura, la propia conexión se convierte en una entidad. Así, las acciones de las partes entre sí se pueden representar en términos de sus acciones sobre la conexión.
58. Contaminación: Alterar la pureza de los alimentos, las aguas, el aire o suelos con gérmenes peligrosos o sustancias tóxicas para la salud.
59. Contenedor semigranel: Recipiente a granel grande de plástico o tejido que por lo general contiene aproximadamente 1000 kg (1 ton), de material filtrante.
60. Continuidad: Usado para describir estructuras o partes de estructuras que tienen características de comportamiento influidas por la naturaleza monolítica y continua de elementos adyacentes, como columnas verticales continuas de varios pisos, y vigas y marcos rígidos continuos de múltiples claros.
61. Corte transversal: Representa una sección o corte en ángulos rectos a otra sección o a un eje lineal de un objeto.
62. Corte: Perfil bidimensional o área obtenida al pasar un plano a través de una forma.
63. Cota de terreno: En un plano topográfico, es el número que indica la altura de un punto, sobre el nivel del mar o sobre otro plano de referencia.
64. Cubierta: Elemento constructivo que protege a los edificios en la parte superior y, por extensión, a la estructura sustentante de dicha cubierta.
65. Cuenca: Territorio hundido y rodeado de montañas por donde las aguas fluyen todas a un mismo río, lago o mar.
66. DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
67. Deflexión: Se refiere al movimiento de una estructura causada por cargas.
68. Deformación: Deformación resultante de un esfuerzo.
69. Densidad: Magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.
70. Desecho Orgánico: Son todos aquellos elementos provenientes de seres vivos. Están expuestos a un proceso de descomposición y necesitan un tratamiento especial ya que pueden ser portadores de enfermedades o contaminar el ambiente.
71. Desecho sólido: Cualquier material, en una gran variedad de materiales sólidos, que se tiran o rechazan por estar gastados, ser inútiles, sin valor, o estar en exceso.
72. Desplazamiento: Movimiento que se aleja de algún punto de referencia fijo.
73. Diafragma horizontal: Normalmente es una cubierta de piso o techo usada como parte del sistema contraventeo lateral.
74. Diafragma vertical: También llamado muro de corte.
75. Diafragma: Un elemento superficial (cubierta, muro, etc.) usado para resistir fuerzas en su propio plano cubriendo un claro o volándolo.

76. Diarrea: Descarga frecuente de heces acuosas.
77. Difusora: que disminuye la velocidad y el impacto repartiendo de manera uniforme lo que pasa a través de ella.
78. Dinámica: Usado para caracterizar efectos de carga o comportamientos estructurales que no son estáticos por naturaleza.
79. Dotación: Es el volumen de consumo de agua por persona y por día.
80. Dureza: Cantidad de sales de elementos alcalino-térreos presentes en el agua y que se asocia a la formación de incrustaciones calcáreas
81. Elástico: Usado para describir la proporcionalidad constante esfuerzo-deformación o módulo de elasticidad representado por una forma de línea recta de la gráfica esfuerzo-deformación.
82. Elemento: Un componente o constituyente de un todo. En general, una entidad distinta y separada.
83. Enfermedad: Alteración más o menos grave de la salud. Puede ser en piel, sistema digestivo, sistema respiratorio, entre otros.
84. Enfermedades gastrointestinales: Enfermedades causadas por patógenos que provocan padecimientos como dolores de estómago y diarrea.
85. Ensamblaje: Elemento cuyas partes están unidas. Un ensamblaje ordenado se llama sistema.
86. Equilibrio: Estado o condición balanceado usado para describir una situación en que efectos opuestos, se neutralizan entre sí para producir un efecto neto nulo.
87. *Escherichia coli:* Es un género de bacterias que pertenece al grupo de coliformes, estas son termotolerantes e indicativas de una posible contaminación de origen fecal.
88. Esfuerzo admisible: Es el límite de esfuerzo que se usa en el método de diseño por esfuerzo.
89. Esfuerzo cortante: Efecto de fuerza lateral (perpendicular) al eje principal de una estructura.
90. Esfuerzo último: Es esfuerzo máximo que se produce justo antes de que falle el material.
91. Esfuerzo: Mecanismo de fuerza dentro del material de una estructura; se representa como un efecto de presión (tensión o compresión) o un efecto cortante sobre la superficie de un material, y se cuantifica en unidades de fuerza por área unitaria.
92. Estático: Estado que se presenta cuando la velocidad es cero; por tanto, no ocurre movimiento.
93. Estructura espacial: Término usado para describir estructuras tridimensionales.
94. Estructura rígida: Estructura en forma de marcos en que las juntas entre los miembros, se hacen para transmitir momentos entre los extremos de los miembros.

95. Estructura: Lo que da forma a algo y funciona resistiendo a cambios en la forma, debido a la acción de diversas fuerzas.
96. Eutrofización: Es el crecimiento desmesurado de algas y hierbas sobre la superficie del agua, originando un excesivo consumo del oxígeno, ocasionando que muchos otros organismos no puedan desarrollarse.
97. Falla: Es un deslizamiento, fractura y liberación súbita de esfuerzo.
98. Filtración: Es la separación de sólidos, contaminantes o microorganismos de la fase acuosa, a partir de la utilización de membranas o materiales absorbentes.
99. Filtro de lecho fijo: Las partículas adsorbentes están dispuestas en un lecho adsorbente inmóvil.
100. Fitodepuración: Depuración por medio de plantas superiores en los humedales
101. Flexibilidad: La falta de rigidez indica una estructura flexible.
102. Flexión: Acción que causa un cambio en la curvatura de un elemento lineal.
103. Floculación: propiedad de una sustancia para formar partículas de mayor tamaño por sedimentación, procesos químicos o de forma espontánea.
104. Fluencia: Deformación plástica producida con el tiempo cuando ciertos materiales se someten a esfuerzo constante.
105. Fractura frágil: Falla límite repentina en tensión o cortante. Comportamiento estructural básico de los materiales denominados frágiles o quebradizos.
106. Fractura: Ruptura que produce una separación real del material.
107. Fuente de agua: Manantial o lugar donde se origina el agua utilizada para la comunidad.
108. Gravilla filtrante: Uno o más mantos de material granular con gradación de tamaño definida. Se utiliza para dar soporte al medio filtrante cuando las aberturas en el sistema de drenaje inferior son más grandes que en el medio filtrante y para facilitar la distribución del agua de retrolavado de forma uniformec a través de todo el lecho filtrante.
109. Higiene: Normas de la conservación de la salud que explican la relación del ser humano con el ambiente para mejorar las condiciones sanitarias.
110. Humedad Artificial: Son zonas construidas por el hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes.
111. INAB: Instituto Nacional de Bosques.
112. Ingeniería sísmica: Es el estudio del comportamiento de los edificios y las estructuras sujetas a carga sísmica.
113. Inocuidad: No dañino a la salud de las personas.
114. Intoxicación: Efecto de envenenamiento por sustancias toxicas como fertilizantes o agroquímicos.
115. Lavar: Limpiar una cosa con agua u otro líquido.

116. Lecho filtrante: Uno o más mantos de medio filtrante, más los mantos de gravilla de sostén, si se utiliza, que se instalan en la celda del filtro.
117. Letrina: Lugar, generalmente colectivo, destinado para verter los excrementos en un hoyo en la tierra.
118. Límite Máximo Aceptable (LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores, desde el punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
119. Límite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.
120. Limpieza: Eliminación de polvo, suciedad, residuos de alimentos y otros desechos que se encuentran en el alimento o en la zona de cultivo.
121. LRFD: Por sus siglas en inglés (Load Resistance Factor Design), esta es una metodología ampliamente usada para diseño. Utiliza cargas vivas y muertas con factores mayorados.
122. Macrófitas: Constituyen formas macroscópicas de vegetación acuática
123. Marco arriostrado: Cualquier marco rigidizado para resistir fuerza lateral. El término se usa para marcos arriostrados mediante armadura.
124. Marco: Estructura plana o parte de esta, diseñada para resistir fuerzas verticales y horizontales en el plano de la misma.
125. Material filtrante: Materiales granulares que se utilizan como medio filtrante y sistemas de gravilla de sostén, en filtros de lecho profundo para tratamiento de agua.
126. Meteorología: Es la ciencia que se ocupa de los fenómenos que ocurren a corto plazo en las capas bajas de la atmósfera, o sea, donde se desarrolla la vida de plantas y animales.
127. Miembro: Uno de los distintos elementos de un ensamble.
128. Mojón: Señal de tipo permanente de concreto, utilizado para marcar puntos críticos en un terreno.
129. Momento: Producto de una fuerza por un brazo de palanca; resulta una unidad de fuerza por una distancia.
130. NSE: Normas de seguridad estructural.
131. Obra de arte: Es una construcción auxiliar para el diseño de una red de conducción de agua.
132. Pandeo: Colapso en forma de deflexión repentina de un elemento esbelto sujeto a compresión.
133. Peso específico: Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.
134. Pichacha: Tubo perforado manualmente que sobresale dentro de la caja de captación y rompe presiones donde ingresa el agua para su posterior paso a la tubería de salida.
135. Pie/tablar: Corresponde a una tabla de 1ft de ancho, por 1 ft de largo y 1 in de espesor.

136. PINFOR: Programa de Incentivos Forestales.
137. Plaga: Cualquier animal o insecto de importancia para la salud pública, incluidos los pájaros, roedores, moscas y larvas.
138. Plástico: En investigación estructural, es el tipo de respuesta al esfuerzo que ocurre en el comportamiento dúctil.
139. Potabilización: Consiste en la eliminación de compuestos volátiles, precipitación de impurezas y desinfección del agua.
140. Presión: Fuerza distribuida sobre una superficie y normal a ella.
141. Producto tóxico: Elemento que contiene sustancias venenosas.
142. Programa de análisis complementario: comprende la ejecución del programa de análisis mínimo, ampliado con: aluminio, cobre, arsénico, cadmio, cianuro, cromo total, mercurio total, plomo, selenio, cinc, sólidos totales disueltos y sustancias orgánicas (plaguicidas) que afectan la salud del consumidor.
143. Programa de análisis mínimo: Los análisis en esta etapa de control son: a. Análisis microbiológico: coliformes totales y *Escherichia coli;* b. Análisis fisicoquímico: color, turbiedad, potencial de hidrogeno (pH), conductividad, cloro residual libre, cloruros, dureza total, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro total y manganeso total.
144. Quemisorción: Es el resultado de la interacción química entre el solido y la sustancia adsorbida.
145. Radio de giro: Propiedad matemática que se define como la raíz cuadrada del momento de inercia dividido entre el área.
146. Reacción: En estructuras, la respuesta de una estructura a las cargas, respuesta de los apoyos a las acciones.
147. Redes de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega constante del agua a los consumidores, con presión apropiada y en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Se consideran parte de una red de distribución: camiones cisterna y depósitos de cualquier naturaleza.
148. Redes de distribución: conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega constante del agua a los consumidores, con presión apropiada y en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Se consideran parte de una red de distribución: camiones cisterna y depósitos de cualquier naturaleza.
149. Refractómetro: Los refractómetros son instrumentos ópticos que sirven para determinar el porcentaje de sólidos solubles en una disolución liquida.
150. Registro: Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona información de actividades desempeñadas durante la producción.
151. Rendimiento: Producto o utilidad que rinde o da una persona o proceso.

152. Resistencia última: Se refiere a la resistencia de fuerza estática máxima de una estructura en el momento de su falla. Este límite es la base para los denominados métodos de diseño por resistencia.
153. Resistencia: Capacidad para resistir una fuerza.
154. Rigidez: En estructuras se refiere a la resistencia a la deformación. Lo opuesto a la resistencia que se refiere a la de una fuerza. Las estructuras que no son rígidas se llaman flexibles.
155. Sanitario: Instalación para que las personas puedan realizar sus necesidades fisiológicas, sin poner en peligro la inocuidad de alimentos.
156. Saturación: Es el grado o la medida en la que se disuelve o adsorbe una sustancia en comparación con el máximo posible
157. Seguridad: El factor de seguridad es la relación entre capacidad de resistencia de una estructura y la demanda real sobre la estructura.
158. Sismo: Término usado para describir los movimientos de tierra causados por fallas o explosiones subterráneas.
159. Sistema: Conjunto de elementos interrelacionados; ensamble ordenado.
160. Sustancia plaguicida: Término genérico que incluye a compuestos que forman parte de los siguientes grupos: insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, alguicidas entre otros, productos derivados y sus metabolitos, productos de degradación y de reacción de los mismos.
161. Sustancia plaguicida: término genérico que incluye compuestos que forman parte de los siguientes grupos: insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, alguicidas entre otros, productos derivados y sus metabolitos, productos de degradación y de reacción de los mismos.
162. Tamaño efectivo: tamaño de partícula o grano, en mm, tal que un 10% del material en peso es más pequeño que dicho tamaño.
163. Tamaño eficaz: Tamaño de la abertura por la cual atravesará el 10 % (por peso seco) de una muestra representativa del material filtrante; es decir, si la distribución del tamaño de las partículas es tal que 10 % de la muestra (por peso seco) tienen una finura superior a 0,45 mm, el material filtrante tiene tamaño eficaz de 0,45 mm.
164. Tecnologías Apropiadas: Conjunto sistemático de conocimientos para la organización y/o producción de bienes y servicios que satisfagan necesidades de poblaciones en situación de pobreza. Estas se asumen e interiorizan cotidianamente, respetan la identidad cultural y el medio ambiente.
165. Tensión: Acción de fuerza que tiende a separar partes adyacentes de un material o a apartar elementos sujetos.
166. Tensoactivos: Sustancia que afecta la tensión superficial de una solución

167. Topografía: Conjunto de características que presenta un terreno en su configuración superficial.
168. Tratamiento de agua: Es el mecanismo o técnica que se utiliza para mejorar la calidad del agua.
169. Triple lavado: Práctica realizada para lavar los envases de químicos y garantizar que se ha retirado toda la sustancia toxica antes de desecharlo.
170. Válvula: Dispositivo que su propósito principal es disminuir o detener el flujo de fluido.
171. Vertiente: Superficie topográfica inclinada, situada entre los puntos altos y bajos por donde corre el agua.
172. Viga: Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.
173. Volteo: El efecto de volcamiento o inclinación de cargas laterales.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Megaproyecto:

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 2

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Aída Teresa López Del Valle
para optar el grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;
Ana Leticia Franco Rivera, Bárbara Michelle Nájera Borón, Marlyn Gabriela Sanabria Salazar y Percy Alejandro Marroquín Martínez
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Química;
Henry David López Rodríguez y Luis Augusto Rivera Hurtado
para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;
Jorge Rafael Rodríguez Herrera
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de Alimentos;
Marlin Eliet Caballeros Barragán
para optar el grado académico de Licenciada en Bioquímica y Microbiología

Guatemala,

2014

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del Caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 2

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Megaproyecto:

Diseño de un sistema de suministro y purificación de agua usando tecnologías apropiadas con el fin de beneficiar a los pobladores del caserío Cumbre de San Agustín, Morales, Izabal; facilitando el acceso al agua potable y con ello mejorar las condiciones de vida de la población.

TOMO 2

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Aída Teresa López Del Valle

para optar el grado académico de Licenciada en Psicopedagogía;

Ana Leticia Franco Rivera, Bárbara Michelle Nájera Borón, Marlyn Gabriela Sanabria Salazar y Percy Alejandro Marroquín Martínez

para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Química;

Henry David López Rodríguez y Luis Augusto Rivera Hurtado

para optar el grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;

Jorge Rafael Rodríguez Herrera

para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de Alimentos;

Marlin Eliet Caballeros Barragán

para optar el grado académico de Licenciada en Bioquímica y Microbiología

Guatemala,

2014

ÍNDICE

ÍNDICE……..v
LISTADO DE CUADROS……..vi
LISTADO DE FIGURAS…….x
XIII. ANEXOS……..434
A. Análisis preliminar del estado físico, químico y microbiológico de las fuentes de agua……..…….…....434
B. Mejoramiento de procesos para el cultivo de piña (A.Comosus) mediante buenas prácticas agrícolas y un sistema de riego que permita la conservación de suelos y producción contínua…….……..438
C. Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia…….…..494
D. Diseño de captación y almacenaje de agua pluvial por medio de una nueva tipología estructural del techo de las viviendas……..645
E. Diseño de un sistema de potabilización y almacenamiento de agua a nivel domiciliario……675
F. Diseño de sistema de tratamiento de agua utilizada en el lavado de ropa……....684
G. Planificación y diseño de un sistema de duchas con un sistema de tratamiento de aguas para reducir la contaminación de las fuentes de agua……....710
H. Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua y análisis de las condiciones hidrológicas ……..737
I. Programa de educación para el manejo adecuado del agua y del sistema de purificación……...…755

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 201. Recuento de E. coli en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™……433
Cuadro 202: Recuento de Coliformes en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™…….....434
Cuadro 203: Recuento de E. coli y Coliformes en agua de una laguna de la ciudad capital.....……..……437
Cuadro 204: CheckList de Cumplimiento de BPAs…….....438
Cuadro 205. Resumen de Lista de Cotejo realizada para evaluar las BPA actuales de San Agustín…….……441
Cuadro 206. Análisis físico de piña (A comosus) de diferentes terrenos de San Agustín……..481
Cuadro 207 Análisis físico de piña (A Comosus) de diferentes terrenos de San Agustín ……..484
Cuadro 208: Análisis fisicoquímico de Piña (A comosus) de la comunidad San Agustín, Morales, Izabal 486
Cuadro 209: Iteraciòn 1 para optimización de vigas secundarias. 495
Cuadro 210: Iteraciòn 2 para optimización de vigas secundarias. 495
Cuadro 211: Iteraciòn 3 para optimización de vigas secundarias. 495
Cuadro 212: Iteraciòn 4 para optimización de vigas secundarias. 495
Cuadro 213: Iteraciòn 1 para optimización de vigas principales. 496
Cuadro 214: Iteraciòn 2 para optimización de vigas principales. 496
Cuadro 215: Iteraciòn 3 para optimización de vigas principales. 496
Cuadro 216: Iteraciòn 4 para optimización de vigas principales. 496
Cuadro 217: Iteraciòn 1 para optimización de elementos de marcos de páneles. 497
Cuadro 218: Iteraciòn 2 para optimización de elementos de marcos de páneles. 497
Cuadro 219: Iteraciòn 3 para optimización de elementos de marcos de páneles. 497
Cuadro 220: Iteraciòn 4 para optimización de elementos de marcos de páneles. 498
Cuadro 221: Datos de ejemplo de cálculo promedio de mm de agua por mes..... 645
Cuadro 222: Datos de ejemplo de cálculo promedio de mm de agua por año 646
Cuadro 223: Cálculo de agua disponible para cubrir demanda..... 649
Cuadro 224: Costo de sistema de depósitos 650
Cuadro 225: Elaboración de sistema de desvío de primeras aguas en tamaño laboratorio 652

Cuadro 226: Cálculo ejemplo de desviación promedio 655
Cuadro 227: Datos de la estructura de la vivienda 655
Cuadro 228: Cálculo de capacidad de captación en base al área de captación 656
Cuadro 229: Encuesta de demanda de agua diaria por personas 656
Cuadro 230: Cálculo de dimensionamiento de tanque de primeras aguas 657
Cuadro 231: Precio y especificaciones de depósitos 657
Cuadro 232: Cálculo de tanque principal con área fija, 4 personas y 25 l/día 657
Cuadro 233: Cálculo de sistema principal para 4 personas y 25 l/día 658
Cuadro 234: Cálculo de tanque principal con área fija, 5 personas y 25 l/día 658
Cuadro 235: Cálculo de sistema principal para 5 personas y 25 l/día 659
Cuadro 236: Cálculo de tanque principal con área fija, 6 personas y 25 l/día 659
Cuadro 237: Cálculo de sistema principal para 6 personas y 25 l/día 660
Cuadro 238: Cálculo de tanque principal con área fija, 7 personas y 25 l/día 660
Cuadro 239: Cálculo de sistema principal para 7 personas y 25 l/día 661
Cuadro 240: Cálculo de tanque principal con área fija, 8 personas y 25 l/día 661
Cuadro 241: Cálculo de sistema principal para 8 personas y 25 l/día 662
Cuadro 242: Cálculo de tanque principal con área fija, 9 personas y 25 l/día 662
Cuadro 243: Cálculo de sistema principal para 9 personas y 25 l/día 663
Cuadro 244: Proyección con datos reales del 2011 664
Cuadro 245: Proyección con datos reales del 2012 666
Cuadro 246: Proyección con datos reales del 2013 668
Cuadro 247: Proyección con datos reales del 2014 671
Cuadro 248:Materiales para prueba a nivel laboratorio de sistema desvío de primeras aguas . 674
Cuadro 249: Costo por persona de la inversión del sistema 674
Cuadro 250: Curva velocidad filtrante para lecho de 5 cm. 675
Cuadro 251: Curva velocidad filtrante para lecho de 10 cm. 676
Cuadro 252: Curva velocidad filtrante para lecho de 15 cm. 677
Cuadro 253: Curva velocidad filtrante para lecho de 20 cm. 678
Cuadro 254: Curva velocidad filtrante para lecho de 25 cm. 678

Cuadro 255: Relación altura de lecho de agua con velocidad filtrante 679
Cuadro 256: Análisis granulométrico grava mayor a 1/2 pulgada 679
Cuadro 257: Análisis granulométrico gravilla ¼- 1/3 pulgada 679
Cuadro 258: Análisis granulométrico Arena de Río 680
Cuadro 259: Análisis granulométrico arena blanca de cerro 680
Cuadro 260: Análisis granulométrico carbón mineral 680
Cuadro 261: Análisis granulométrico carbón activado 681
Cuadro 262: Análisis granulométrico de la arena de río, primera corrida 684
Cuadro 263: Análisis granulométrico de la arena de rio, segunda corrida 684
Cuadro 264: Análisis granulométrico de la arena de rio, tercera corrida 684
Cuadro 265: Análisis granulométrico de la arena blanca, primera corrida 685
Cuadro 266: Análisis granulométrico de la arena blanca, segunda corrida 685
Cuadro 267: Análisis granulométrico de la arena blanca, tercera corrida 685
Cuadro 268: Análisis granulométrico de grava, primera corrida 685
Cuadro 269: Análisis granulométrico de grava, segunda corrida 686
Cuadro 270: Análisis granulométrico de grava, tercera corrida 686
Cuadro 271: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 5 cm 686
Cuadro 272: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 10cm 687
Cuadro 273: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 15 y 20 cm ... 688
Cuadro 274: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 25cm 689
Cuadro 275: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 30cm 690
Cuadro 276: Datos para calcular la densidad relativa 690
Cuadro 277: Velocidades de flujo a diferentes cabezas de agua y lecho de arena 691
Cuadro 278: Coeficiente de fricción de según la altura de la arena. 691
Cuadro 279: Datos Tabulados para encontrar la pendiente de la regresión lineal 717
Cuadro 280: Promedio de caudal 718
Cuadro 281: Módulo sanitario renglón 1 720
Cuadro 282: Módulo sanitario renglón 2 721
Cuadro 283: Módulo sanitario renglón 3 722

Cuadro 284: Módulo sanitario renglón 4 723
Cuadro 285: Módulo sanitario renglón 5 724
Cuadro 286: Módulo sanitario renglón 6 725
Cuadro 287: Módulo sanitario renglón 7 726
Cuadro 288: Estimación para el cálculo de potencia de la bomba 727
Cuadro 289: Cabeza de succión negativa y cabeza de descarga del sistema de tuberías 727
Cuadro 290: Análisis granulométrico 1 de arena negra_1 727
Cuadro 291: Análisis granulométrico 2 de arena negra_1 728
Cuadro 292: Análisis granulométrico 3 de arena negra_1 728
Cuadro 293: Análisis granulométrico promedio de arena negra_1 promedio 728
Cuadro 294: Análisis granulométrico 1 de arena negra_2 729
Cuadro 295: Análisis granulométrico 2 de arena negra_2 729
Cuadro 296: Análisis granulométrico 3 de arena negra_2 729
Cuadro 297: Análisis granulométrico promedio de arena negra_2 730
Cuadro 298: Análisis granulométrico gravilla 730
Cuadro 299: Análisis granulométrico 1 carbón_1 730
Cuadro 300: Análisis granulométrico 2 carbón_1 731
Cuadro 301: Análisis granulométrico carbón_1 promedio 731
Cuadro 302: Análisis granulométrico carbón_2 promedio 731
Cuadro 303: Uniformidad de diferentes materiales 732
Cuadro 304: Datos del filtro escala laboratorio 732
Cuadro 305: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2 732
Cuadro 306: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2 733
Cuadro 307: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2 734
Cuadro 308: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2 734
Cuadro 309: Caudales promedios a diferente espesor de lecho de arena negra_2 735
Cuadro 310: Velocidad de filtrado a diferentes espesor de lecho de arena negra_2 735
Cuadro 311: Especificaciones de la bomba semirotativa tipo reloj 735
Cuadro 312: Área mínima del filtro 736

Cuadro 313: Comparación de dimensiones 736
Cuadro 314: Presupuesto de materiales para captación de brote definido 737
Cuadro315: Presupuesto de materiales para caja rompe presión 738
Cuadro 316: Presupuesto de materiales para línea de conducción 739
Cuadro 317: Presupuesto de materiales para válvulas de limpieza 740
Cuadro 318: Presupuesto de materiales para válvulas de aire 741
Cuadro 319: Presupuesto de materiales para paso de zanjón 742
Cuadro 320: Presupuesto de materiales para puente colgante de 20m 743
Cuadro 321: Presupuesto de materiales para puente colgante de 40m 744
Cuadro 322: Presupuesto de materiales para válvulas de compuerta 745
Cuadro 323: Presupuesto de materiales para tanque de distribución de 20m^3 doble cámara ... 746
Cuadro 324: Presupuesto de materiales para línea de distribución 747
Cuadro 325: Presupuesto de materiales para conexiones domiciliares 748

LISTADO DE FIGURAS

Figura 190: Ejemplo de la determinación de colonias de E. coli y Coliformes en las placas Petrifilm™ 434
Figura 191: Nacimiento de agua 1 en el cual se realizó el muestreo 436
Figura 192: Nacimiento de agua 2 en el cual se realizó el muestreo. 436
Figura 193: Quebrada 1 en el cual se realizó el muestreo 437
Figura 194: Quebrada 2 en el cual se realizó el muestreo 437
Figura 195. Diagrama para determinación de dimensión de canales en base a precipitación pluvial 494
Figura 196: Bomba manual para extraer agua de depósito principal 651
Figura 197: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 5cm .. 687
Figura 198: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 10cm 688
Figura 199: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 15cm 689
Figura 200: Plano de componentes del sistema 2 697
Figura 201: Plano de pre-diseño del sistema 2 698

Figura 202. Imagen del sistema propuesto 699
Figura 203. Medidas del filtro propuesto 700
Figura 204. Alturas del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración 701
Figura 205: Ancho del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración 702
Figura 206: Largo del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración 703
Figura 207: Procedimiento para NO_3 704
Figura 208: Procedimiento para NO_3 continuación 705
Figura 209: Procedimiento de $S0_4$ 706
Figura 210: Procedimiento de $S0_4$ continuación 707
Figura 211: Procedimiento de $P0_4$ 708
Figura 212: Procedimiento de $P0_4$ continuación 709
Figura 213: Agua filtrada prueba 1 710
Figura 214: Comparación de filtro con carbón vegetal y carbón activado 711
Figura 215: Agua filtrada del filtro con mezcla carbón activado-vegetal 711
Figura 216: Sólidos sedimentados 712
Figura 217: Bombas Manual semirotativa tipo reloj Arven 713
Figura 218: Bomba a diafragma aspirante 713
Figura 219: Propuesta de filtro 714

XIII. ANEXOS

A. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS FUENTES DE AGUA

Cuadro 201. Recuento de *E. coli* en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™.

No. Muestreo	Lugar	Siembra Directa	Dilución 1:10	Dilución 1:100	Dilución 1:1000
1	Quebrada 1	0	0	0	0
1	Quebrada 2	0	0	0	0
1	Nacimiento1	11	3	0	0
1	Nacimiento2	1	0	0	0
2	Quebrada 1	8	1	0	0
2	Quebrada 2	6	1	0	0
2	Nacimiento1	9	2	0	0
2	Nacimiento2	2	0	0	0
3	Quebrada 1	0	0	0	0
3	Quebrada 2	4	1	0	0
3	Nacimiento1	36	4	1	0
3	Nacimiento2	8	1	0	0
4	Quebrada 1	6	1	0	0
4	Quebrada 2	MNPC	MNPC	26	2
4	Nacimiento1	0	0	0	0
4	Nacimiento2	2	2	0	0

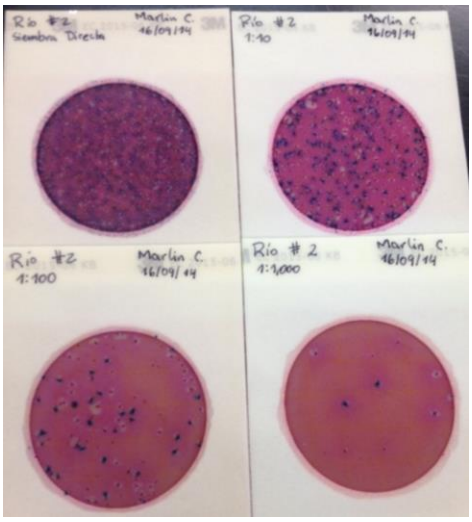
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 202: Recuento de Coliformes en las fuentes de agua por medio de Petrifilms™.

Muestreo	Lugar	Siembra Directa	Dilución 1:10	Dilución 1:100	Dilución 1:1000
1	Quebrada 1	18	0	0	0
1	Quebrada 2	0	0	0	0
1	Nacimiento1	83	12	0	0
1	Nacimiento2	14	1	0	0
2	Quebrada 1	MNPC	MNPC	62	7
2	Quebrada 2	MNPC	58	4	0
2	Nacimiento1	MNPC	MNPC	44	9
2	Nacimiento2	19	0	0	0
3	Quebrada 1	116	15	1	0
3	Quebrada 2	MNPC	54	6	2
3	Nacimiento1	MNPC	62	2	2
3	Nacimiento2	26	6	0	0
4	Quebrada 1	MNPC	62	8	2
4	Quebrada 2	MNPC	MNPC	26	6
4	Nacimiento1	16	0	0	0
4	Nacimiento2	MNPC	30	8	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 190: Ejemplo de la determinación de colonias de *E. coli* y Coliformes en las placas Petrifilm™. En donde las colonias azules con gas corresponden a *E.coli* y las colonias rojas con gas correspondían a los coliformes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 191: Nacimiento de agua 1 en el cual se realizó el muestreo
Esta fuente de agua es usada para abastecimiento y como lavadero comunal.

Fuente: Elaboración propia

Figura 192: Nacimiento de agua 2 en el cual se realizó el muestreo**.**
Esta fuente de agua es usada para abastecimiento de agua a los pobladores del caserío.

Fuente: Elaboración propia

Figura 193: Quebrada 1 en el cual se realizó el muestreo

Esta fuente de agua es usada para abastecimiento, lavadero comunal y vía de comunicación en el caserío.

Fuente: Elaboración propia

Figura 194**:** Quebrada 2 en el cual se realizó el muestreo

Esta fuente de agua es usada para abastecimiento y vía de comunicación en el caserío.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 203: Recuento de *E. coli* y Coliformes en agua de una laguna de la ciudad capital
Con el fin de comprobar el efecto de las semillas de *Moringa oleifera* como agente antibacteriano en agua. Este trabajo se realizó como una investigación adicional a los objetivos de este módulo, sin embargo tiene relación con el megaproyecto, ya que si se replica a nivel nacional puede ser un material utilizado en los filtros naturales. Esta investigación se realizó en conjunto con un grupo de estudiantes de primer año del curso de Biología General de la Universidad del Valle de Guatemala.

Dilución	Análisis previo a la purificación		Análisis post purificación	
	E. coli	Coliformes	*E. coli*	Coliformes
Siembra directa 1	1	19	0	0
Siembra directa 2	0	20	0	0
Siembra directa 3	0	17	0	0
1:10	0	3	0	0
1:10	0	3	0	0
1:10	0	3	0	0
1.100	0	0	0	0
1.100	0	0	0	0
1.100	0	0	0	0
1.1000	0	0	0	0
1.1000	0	0	0	0
1.1000	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

B. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PARA EL CULTIVO DE PIÑA (A.COMOSUS) MEDIANTE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y UN SISTEMA DE RIEGO QUE PERMITA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN CONTÍNUA.

1. Cuadros de evaluación de BPA en la comunidad de San Agustín

Cuadro 204: CheckList de Cumplimiento de BPAs

Instrucciones: La lista a continuación indica aspectos a evaluar en una comunidad de pequeños agricultores. Con base en la información obtenida de observación y entrevistas se debe colocar una X si cumple o no cumple con el aspecto evaluado. En la columna de observaciones se deberá describir porque cumple o no cumple el aspecto evaluado. Se le ha asignado un valor ponderado a cada aspecto siendo un total de 10 para cada categoría. El valor se toma en cuenta solo para los incumplimientos encontrados.			
Aspecto a evaluar (Valor ponderado)	Cumple		Observaciones
	Sí	No	
Zona de cultivo y alrededores			
Área de producción libre de contaminación(3)		X	Basura y maleza en zona de cultivo
Animales fuera de área de producción(2)		X	Hay gallinas, cerdos y pavos entre el cultivo
Estiércol, biosólidos y otros fertilizantes naturales alejado de área de producción (2)	X		Si cuentan con un área específica y separada para hacer compost
Acceso restringido a personas(3)		X	No hay vías de acceso, cualquier persona puede pasar.
Preparación de suelo			
Identificación de área de compostaje(1)		X	No cuentan con áreas señalizadas e identificadas
Disposición del abono en el momento de su uso(1)	X		Si cuentan con abono orgánico
Utilizan abonos aprobados y permitidos para el producto(3)	X		Si cuentan con abono orgánico
Suelos libres de maleza(2.5)		X	Los suelos del cultivo tienen malezas
Suelos libres de basura y restos de comida (2.5)		X	Los suelos del cultivo tienen basura y materia extraña

Continuación Cuadro 204: CheckList de Cumplimiento de BPAs

Cuidado y uso adecuado del agua			
Animales fuera de Fuentes de agua(3)		X	Las fuentes de agua están expuestas a animales
Desechos orgánicos cercanos a fuentes de agua(3)		X	Las fuentes de agua están expuestas a contaminación fecal animal
Agua para fertilizantes y otros productos(2)		X	No cuentan con agua para fertilizantes
Agua para riego y recolección libre de contaminación(2)		X	No cuentan con agua para riego
Manejo de agroquímicos y fertilizantes			
Ubicación de productos agroquímicos(1)		X	No cuentan con una bodega de químicos. Se guarda en casa
Almacenamiento y ubicación adecuado de fertilizantes (1)		X	No cuentan con una bodega específica para fertilizantes
Se usa el fertilizante adecuado para el producto (2)	X		Sí utilizan el fertilizante en cantidades apropiadas
Usan equipo de seguridad para la aplicación de Agroquímicos(2)		X	No cuentan con equipo de protección para uso de químicos
Conocen el manejo adecuado de químicos(2)		X	NO. Saben que es peligroso pero no conocen el manejo
Desecho adecuado de equipo(2)		X	No saben cómo desechar y lavar equipo
Higiene y salud del personal			
Salud de trabajadores(2)		X	Los trabajadores están propensos a enfermarse
Aseo de trabajadores(1)		X	Los pobladores no conocen de BPM
Comportamiento de trabajadores(2)		X	Los pobladores no conocer BPM
El personal conoce de BPA y BPM(4)		X	NO
Conocen sobre las jornadas de salud y centro de salud(1)	X		Sí conocen, sin embargo se les dificulta poder ir

Continuación Cuadro 204: CheckList de Cumplimiento de BPAs

Instalaciones y servicios			
Ubicación de instalaciones y estructuras(1)		X	No cuentan con las instalaciones correctas en las ubicaciones adecuadas
Disposición de agua(3)		X	No tienen disponibilidad de agua limpia o potable
Sistema de drenaje y eliminación de residuos(2)		X	No cuentan con sistemas de drenaje o eliminación de residuos
Ubicación y número adecuado de sanitarios(2)		X	Sí hay sanitarios pero están mal ubicados y en mal estado
Lavado y secado de manos(1)		X	No cuentan con un área para lavado de manos
Condiciones higiénicas de sanitarios(1)		X	No hay condiciones higiénicas en sanitarios
Manejo post cosecha			
Material y equipo de recolección adecuado(2)		X	No cuentan con equipo para recolección
Recipientes para residuos(1)		X	No cuentan con suficientes recipientes
Equipo y herramientas en buen estado(2)	X		El equipo que tienen si se encuentra en buen estado
Conocen sobre el manejo post cosecha adecuado(2)		X	No conocen sobre el manejo post cosecha
Transporte de producto final en buenas condiciones(2)		X	El producto se transporta en bestia hacia la carretera
Almacenamiento adecuado de producto cosechado(1)		X	No hay almacenamiento o área para almacenar producto
Control de operaciones			
Cuentan con trazabilidad del producto(2)		X	No hay trazabilidad
Control de transporte(1)		X	No hay control de transporte
Identificación de áreas(1)		X	No hay áreas identificadas
Aplicación de procesos para asegurar inocuidad(3)		X	No hay procesos para asegurar la inocuidad
Control de plagas(1)		X	No cuentan con control de plagas
Control de uso de fertilizantes(2)	X		Conocen sobre el uso y aplicación de fertilizantes

Cuadro 205. Resumen de Lista de Cotejo realizada para evaluar las BPA actuales de San Agustín.

RESUMEN DE LISTA DE COTEJO DE BPA´S

1. Zona de cultivo y alrededores

CUMPLIMIENTO

- Cuentan con una zona alejada para la preparación del compost.
- La zona de compostaje se encuentra protegida de la lluvia.

INCUMPLIMIENTO

- El área para cultivo no se encuentra cercada y protegida del paso de personas o animales.
- Las zonas de cultivo no están señalizadas e identificadas.
- El área de cultivo tiene basura, restos de alimentos y malezas.

2. Preparación de suelo

CUMPLIMIENTO

- Conocen sobre el uso adecuado del compost.
- Utilizan abono permitido hecho con restos orgánicos.

INCUMPLIMIENTO

- El suelo para cultivo se encuentra contaminado con basura de alimentos procesados.
- Hay malezas en la zona de cultivo, las cuales atraen plagas y no son controladas.
- No conocen sobre las curvas a nivel y sus beneficios.

3. Cuidado y manejo del agua

CUMPLIMIENTO

Ninguno

INCUMPLIMIENTO

- Las fuentes de agua están expuestas a animales que pueden contaminarlo.
- No cuentan con un sistema de riego, el agua proviene únicamente de la lluvia.
- Utilizan el agua de río para bañarse y lavar ropa contaminando con jabones.

4. Higiene y salud del personal

CUMPLIMIENTO

Ninguna

INCUMPLIMIENTO

Continuación Cuadro 205: Resumen de Lista de Cotejo realizada para evaluar las BPA actuales de San Agustín.

- Las pocas letrinas que se encontraron están en malas condiciones higiénicas.
- No hay servicio medico o enfermería en la comunidad, por lo que los trabajadores están propensos a enfermarse.
- Los pobladores no tienen conocimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura y Agrícolas.
- No cuentan con un aseo diario debido a la escasez de agua.
- Las personas están expuestas a los agroquímicos.

5. Manejo de agroquímicos

CUMPLIMIENTO

- Sí utilizan un fertilizante adecuado para el cultivo

INCUMPLIMIENTO

- No conocen sobre el manejo adecuado y peligros de los agroquímicos
- No cuentan con una bodega para agroquímicos y fertilizantes
- No cuentan con EPP (Equipo de Protección Personal) para la aplicación de agroquímicos
- No conocen sobre el manejo adecuado de los desechos de agroquímicos.

6. Instalaciones y servicios

CUMPLIMIENTO

Ninguno

INCUMPLIMIENTO

- No se cuentan con las instalaciones debidamente identificadas y señalizadas.
- La comunidad no cuenta con un sistema de suministro de agua, siendo dos pozos naturales y un río las fuentes de agua.
- No cuentan con un sistema de drenaje o eliminación de residuos.
- Hay sanitarios ubicados en las partes altas donde hay cultivos, siendo fuente de contaminación fecal para el suelo.
- No cuentan con un área para lavado de manos o duchas.

7. Manejo post cosecha

CUMPLIMIENTO

- Los pocos utensilios para la cosecha se encuentran en buen estado.

INCUMPLIMIENTO

- No cuentan con equipo adecuado para recolección del producto.
- Durante la recolección no se utilizan recipientes limpios, el producto es colocado sobre el suelo.
- No conocen sobre el manejo post cosecha, causando daños en el producto recolectado.
- No hay un área para almacenar y proteger el producto recolectado de la cosecha.
- El transporte de producto final no es el adecuado, lo transportan por medio de caballo.

Continuación Cuadro 205: Resumen de Lista de Cotejo realizada para evaluar las BPA actuales de San

8. Control de operaciones
CUMPLIMIENTO • Sí llevan un control del proceso de elaboración de compost. • Conocen de los tiempos adecuados para siembra, fertilización y recolección. INCUMPLIMIENTO • No hay control de plagas • No hay control de aplicación de agroquímicos. • No se llevan registros con información del producto, terreno, aplicaciones de agroquímicos. • No hay control en el transporte, transportan el producto en caballo.

2. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la comunidad de San Agustín, Morales,

Izabal. Se propuso el siguiente manual para explicar las Buenas Prácticas Agrícolas, sus beneficios y las técnicas adecuadas para mejorar los procesos de producción de productos agrícolas. En él se encuentran breves descripciones con dibujos sobre lo que se debe hacer para obtener un producto de buena calidad y que no tenga efectos negativos en el consumidor, cuidar del medio ambiente y reducir las enfermedades en la comunidad. El Manual está dirigido a agricultores, maestros de escuelas, niños y pobladores de la comunidad.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Ingeniería en Ciencias de Alimentos

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA COMUNIDAD DE “CUMBRE DE SAN AGUSTIN”, MORALES, IZABAL

Jorge Rafael Rodríguez Herrera

Guatemala,

2014

Índice

¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas? 3
Ventajas con BPA 4
Desventajas con BPA 4
Cadena Alimentaria 5
PARTE 1: ALREDEDORES Y PARTE INTERNA DEL CULTIVO 6
PARTE 2: PREPARACIÓN DEL AREA DE CULTIVO 10
PARTE 3: USO Y CUIDADO DEL AGUA 16
PARTE 4: USO DE AGROQUÍMICOS 20
PARTE 5: SALUD E HIGIENE 26
PARTE 6: INSTALACIONES 29
PARTE 7: MANEJO POST COSECHA 31
PARTE 8: REGISTROS 35
Teléfonos para emergencias 37
Teléfonos de hospitales y centros de salud 37
Bibliografía 37

¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas?

Las **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA`s)** es hacer bien las cosas para tener un producto bueno y que no haga daño a las personas que lo coman. Se aplican desde la preparación del terreno hasta el transporte del producto cosechado. Las BPA´s permiten cuidar del medio ambiente mejorando las condiciones para el cultivo y los pobladores de la comunidad.

Ventajas con BPA

FAMILIA SANA

MÁS PRODUCTO DE MEJOR CALIDAD

SUELO FERTIL

FUENTES DE AGUA LIMPIA

Desventajas con BPA

PERSONAS ENFERMAS

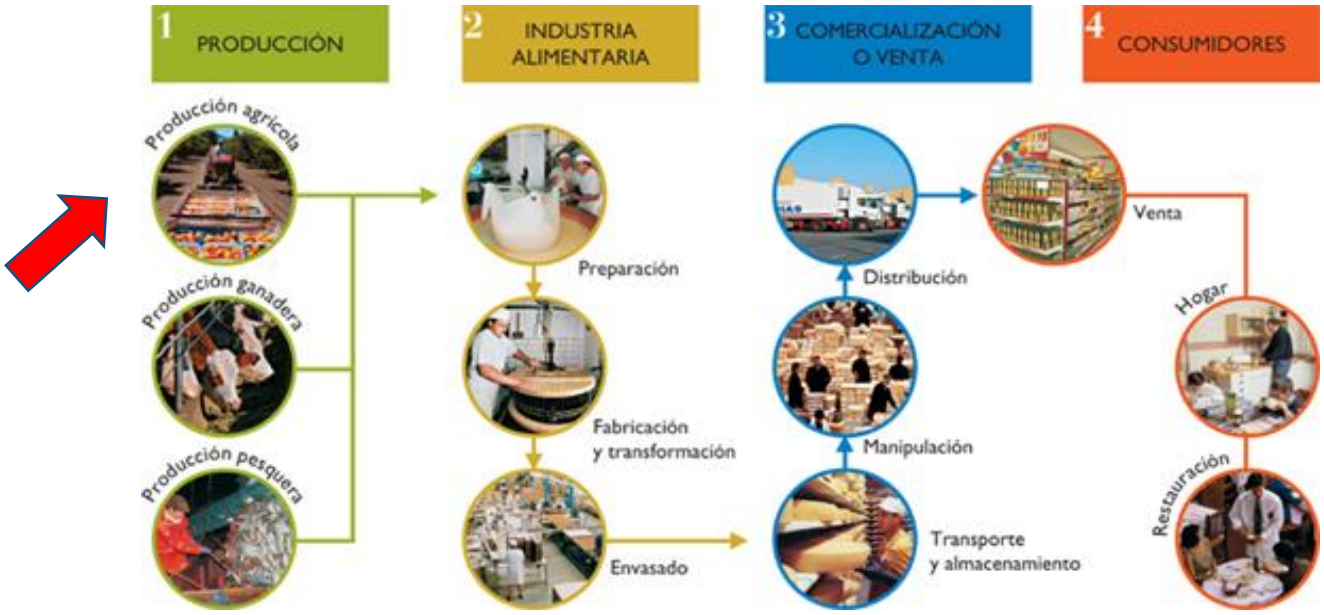
MENOS PRODUCTO Y MALA CALIDAD

SUELOS CONTAMINADOS

FUENTES DE AGUA SUCIA

Cadena alimentaria

La **Cadena alimentaria** se conoce como todos los procesos involucrados para la obtencion de un producto alimenticio desde su produccion hasta el consumo del mismo.

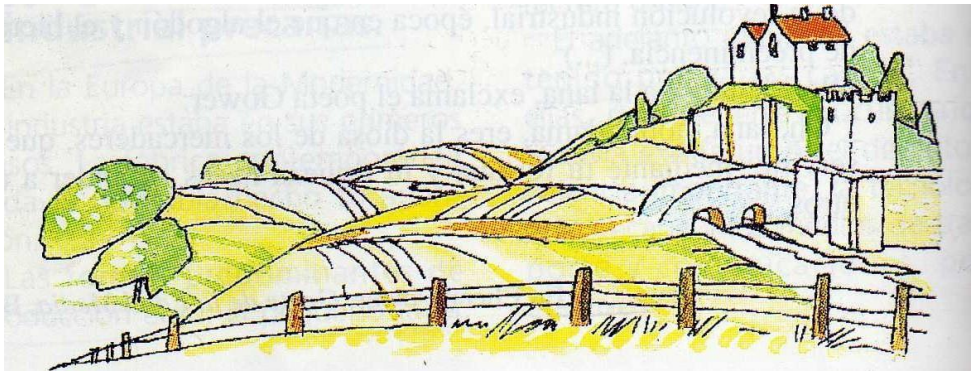


(Marat Consultores, 2013)

Es importante conocer en qué parte se encuentra la producción agrícola y la importancia que desde el principio los productos sean inocuos.

PARTE 1: ALREDEDORES Y PARTE INTERNA DEL CULTIVO

Zona de cultivo bien cercada y señalizada



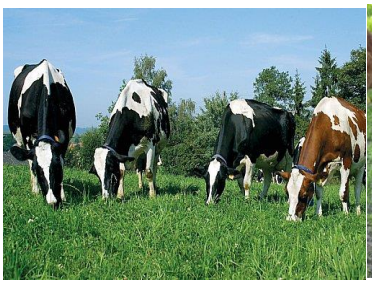
- Colocar bordillo o cerca alrededor de la zona de cultivo
- Señalizar para identificar la zona

Vías de acceso

- Controlar el tránsito de animales y personas que puedan contaminar el área

- Colocar puertas y dejar un camino para transitar la zona

NO permitir animales o personas extrañas en la zona de cultivo



Animales pueden comerse el cultivo

Las heces de animales contaminan

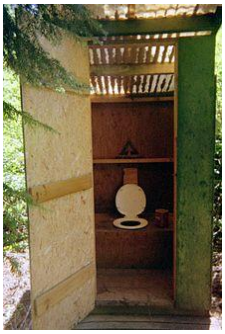
Las personas extrañas pueden dañar el cultivo

Dejan basura tirada

Revisar posibles fuentes de contaminación desde terrenos vecinos.

(FAO, 2007)

NO cultivar cerca de:



Drenajes o letrinas

Ganado

Aboneras

DEBES mantener limpia la zona de cultivo

NO Malezas

NO basura o comida

- La basura atrae plagas para anidar o por alimento
- Debes conocer las plagas, enfermedades y malezas más comunes para saber qué control tomar

Taltuza

Cochinilla Harinosa

Gallina Ciega

Gusano Alambre

Trips

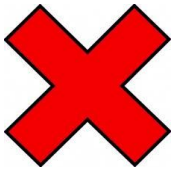
Pulgón

PARTE 2: PREPARACIÓN DEL ÁREA DE CULTIVO

- Seleccionar un área con suelo apto para el cultivo

Suelo para cultivo

Si el suelo tiene pendiente se debe preparar el suelo para sembrar en terrazas



Sembrar en terrazas ayuda a:

- Reducir el lavado de la tierra
- Acumula más agua para el cultivo
- Reduce erosión por viento
- Aprovecha minerales en suelo

ABONO ORGÁNICO

El abono orgánico es un fertilizante cuyos ingredientes son de origen natural.

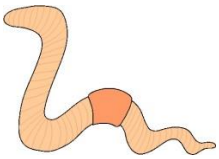
- Utilizar abono orgánico para preparar el terreno
- Preparar el abono de manera correcta

El abono puede ser de:

- Gallinaza

- Estiércol de vaca

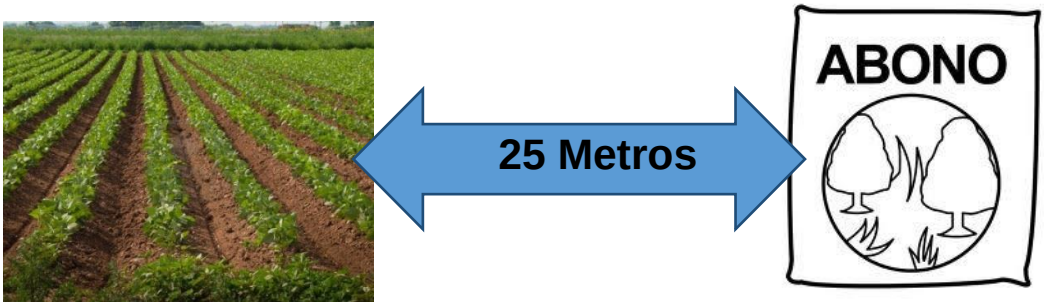
- Lombriz



- Material vegetal (Hoja, tallos, frutos)

- Mezcla

La preparación del abono se hace lejos del cultivo ya que puede contaminar el producto y causar enfermedades si no se maneja de manera adecuada.



PREPARACION DE COMPOST

Materiales

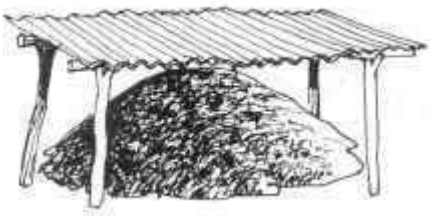
- Restos de cosechas (maíz, piña)

- Restos de fruta y vegetales

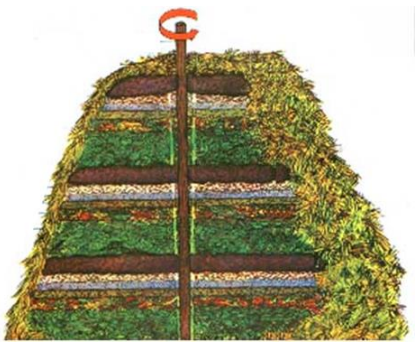
- Estiércol animal (Gallina, vaca, caballo)

- Tierra (Minerales)

1. Escoger un lugar protegido del clima



2. Colocar el material de la siguiente manera:



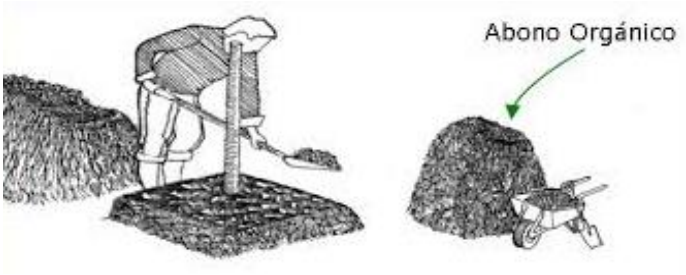
----Tierra

----Estiércol

----Residuos de plantas

Repetir hasta que no alcance el material

3. Regar por toda el área la mezcla y colocar palos o cañas



4. Cubrir con hojas o sacos

5. A las 3 y 5 semanas darle vuelta y volver a cubrir.
6. Dejar fermentar 3 o 4 meses antes de utilizarlo.

- **Si no se espera el tiempo adecuado y se usa antes, puede contaminar el cultivo**

- Anotar las fechas en que se realizan las etapas de la preparación.

A continuación se muestra un ejemplo de un registro que se puede utilizar para llevar el control durante la preparación del abono.

<table>
<tr><td colspan="5">Control de preparación de abono</td><td>Fecha de aprobación: 10/11/2014</td></tr>
<tr><td colspan="6">Nombre del encargado:</td></tr>
<tr><td colspan="6">Materiales usados

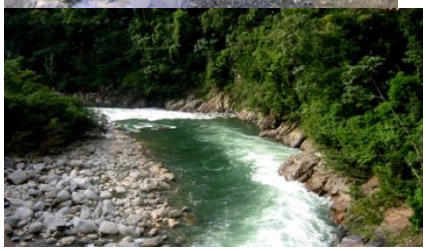
Marcar con una X si se utilizó uno de los siguientes materiales. Si es otro, anotar que se utilizó.</td></tr>
<tr><td>Estiércol</td><td></td><td>Tierra</td><td></td><td colspan="2">Otros</td></tr>
<tr><td>Vegetales</td><td></td><td>Lombriz</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">Anotar la fecha y el proceso que se realizó durante la preparación del abono.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fecha</td><td colspan="2">Proceso</td><td colspan="2">Persona que lo realizó</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

PARTE 3: USO Y CUIDADO DEL AGUA

Algunas fuentes de agua son:

- Pozo naturales

- Ríos y lagos



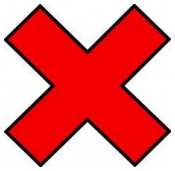
- Lluvia

Se **DEBE** proteger los pozos y río de animales que puedan contaminarlos

(FAO, 2007)

Restringir el paso al pozo con bordillo o cerca

Mantener las fuentes de agua libres de contaminación



NO usar jabones o químicos en las fuentes de agua

NO dejar basura tirada

NO puede encontrarse cerca de las fuentes de agua:

Letrinas

Casas

Crianza de animales

Aboneras

RIEGO

- El uso del riego correcto puede aumentar la cantidad de producción

- Se debe usar el método de riego recomendado para su cultivo

Riego por apersión

Riego por goteo

- Para el cultivo de la piña el riego por goteo es la mejor opción

- El uso de agua limpia en el RIEGO permite tener:

Productos que no enferman

Familia segura y sana

PARTE 4: USO DE AGROQUÍMICOS

Los agroquimicos mas comunes son los fertilizantes, herbicidas, insecticidas o fungicidas. Tambien se incluye el uso de reguladores de crecimiento. El uso de agroquimicos requiere de conocimiento sobre su uso para reducir el impacto ambiental.

- **Consultar** con un técnico sobre que agroquímicos podria utilizar en su situación

(FAO, 2007)

- Seguir las instrucciones de uso adecuado.
- **NO** se debe usar químicos vencidos o en mal estado

- Lea bien la etiqueta antes de utilizarlo
- La etiqueta le indicará la manera **CORRECTA** de aplicar el agroquímico
- **DEBE** respetar el tiempo de aplicación antes de la ultima cosecha.

Lectura de etiqueta

NO utilizar químicos sin etiqueta

Utilizar el equipo de protección personal para aplicar agroquímicos

OJO: Si recoge el cultivo antes de tiempo podría estar contaminado

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Gafas

- Guantes

- Mascarilla

- Botas

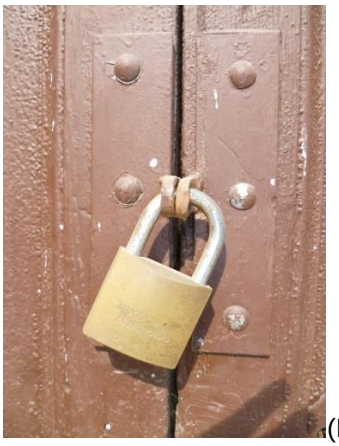
- Traje impermeable (Bolsa o Nylon)

Al finalizar la aplicación se **debe** lavar el equipo, guardarlo en un lugar seguro y luego bañarse

No guardar equipo de aplicación de agroquímicos ni de seguridad en las casas.

- Los niños, mujeres embarazadas y ancianos **NO** deben estar cerca de la zona donde se aplican los agroquimicos

- Los agroquímicos **deben** guardarse en un lugar fresco, ventilado y fuera del alcance de personas no autorizadas.



(FAO, 2007)

- Los líquidos **deben** estar en la parte mas baja cercano al suelo

Utilizar letreros con los siguientes mensajes o imágenes

PELIGRO NO TOCAR NO COMER

VENENO TÓXICO

Ojo: NUNCA usar los envases de agroquímicos en casa o para llevar agua

- Los envases vacíos se deben tratar de la siguiente manera:

1. Lavar 3 veces con agua

2. Perforar o hacerle hoyos

3 . Guardarlo en bolsa y enviar a centro de acopio

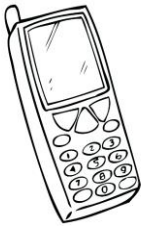
- Identifica si hay centros de acopio cerca de la plantacion y descartalo allí.

PARTE 5: SALUD E HIGIENE

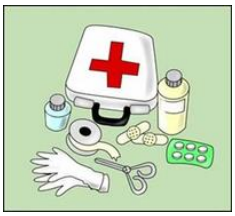
La salud de las personas en la comunidad es importante.

- Se **debe** contar con servicios para asegurar la salud de los trabajadores

Equipo de protección personal



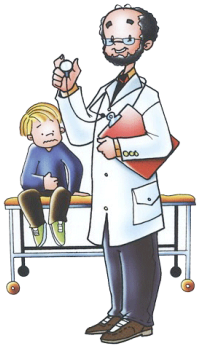
Teléfonos de emergencia



Botiquín de primeros auxilios

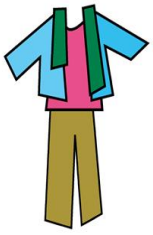
- El botiquín debe incluir lo siguiente:
  - Alcohol
  - Agua oxigenada
  - Algodón
  - Curitas
  - Venda de gasa
  - Micropore/Esparadrapo
  - Antiespasmódico
  - Acetaminofen

- Asegúrese de participar en las jornadas de salud del municipio
- Si se siente enfermo infórmale al médico



Al momento de cosechar el cultivo **DEBE**

Bañarse



Usar ropa limpia

Manos limpias

NO cosechar

Enfermo

Con manos golpeadas

- Utilizar guantes plásticos en las manos si estan golpeadas

Lavarse las manos correctamente evita enfermedades

Lávate las manos:

- Antes de cosechar
- Al tocar el suelo mientras cocinas
- Después de comer
- Después de ir al baño

Pasos para lavado de manos correcto

1. Humedecer las manos

2. Aplicar jabón

3. Lavar hasta los codos contando hasta 20 segundos

4. Enjuagar completamente

PARTE 6: INSTALACIONES

Se **debe** contar con las siguientes area debidamente señalizadas

Zona de Cultivo

Abonera

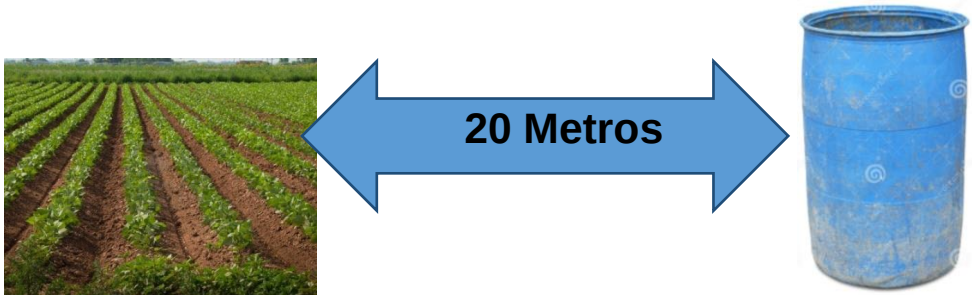
Fuente de agua

Sanitarios

Bodega de químicos y fertilizantes

Corrales para animales

- Es importante tener basureros ubicados en las diferentes áreas para evitar contaminar el suelo
- Mantener basureros lejos de zona de cultivo (20 metros)



Zona de Cultivo

Bote para basura

PARTE 7: MANEJO POST COSECHA

Condiciones de las personas al cosechar

Manos limpias

Uñas cortas

Pelo Recogido con red o pañuelo

No fumar / No comer

Asegurarse que no haya materiales extraños en el cultivo que sean peligro para el consumidor

- Tierra o piedras

- Pedazos de cultivo o malezas

- Palos o astillas de madera

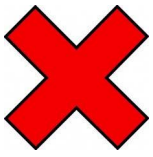
- Vidrios y plástico

- Pitas o lazos

- Basura de comida

Los utensilios para cosechar **DEBEN** estar limpios

El producto cosechado se **DEBE** colocar en un recipiente limpio y **NO** sobre el suelo.



- Juntar los productos con cuidado evitando los golpes
- Colocar un capa plástica sobre el suelo para evitar que el producto se contamine

- Las frutas y verduras cosechadas se **deben** colocar en un lugar a la sombra, seguro y lejos de animales y de contaminantes químicos.

TRANSPORTE

(FAO, 2007)

- Al mandar el producto se **debe** tener cuidado que no sufra daños durante el transporte
- **No** transportar junto a animales, fertilizantes o agroquímicos

PARTE 8: REGISTROS

El llevar registro de los procesos e información del cultivo permite llevar un mejor control del producto.

Se **DEBE** llevar registro de:

- Fechas de siembra y cosecha
- Nombre, cantidad y fechas de aplicación de fertilizantes y agroquímicos utilizados
- Cantidad de producto cosechado

Control de procesos del cutlivo				Fecha de aprobación: 10/11/2014
Propietario:			Extensión del terreno:	
Cultivo:	Variedad:			
Fecha de siembra:		Fecha de cosecha:		
Plantas sembradas:		Plantas cosechadas:		
En caso de aplicación de agroquímicos anotar los siguientes datos				
Fecha	Proceso	Agroquímico usado	Cantidad aplicada	Motivo de aplicación	Persona que lo realizó

Teléfonos para emergencias

Bomberos Municipales: Teléfono: 123

Bomberos Voluntarios: Teléfono: 122

Policia Nacional Civil: Teléfono: 110

Teléfonos de hospitales y centros de salud

Centro de Salud de Morales: Teléfono: 7947-8402

Centro de Salud de Río Dulce Teléfono: 7930-5209

Centro Médico Bethesda: Teléfono: 7961-7961

Centro Médico Infantil: Teléfono: 7947-6536

Hospital San José: Teléfono: 7947-8015

Hospital Quiriguá: Teléfono: 7947-6963

Bibliografía

1. Asociacion Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales. AGEXPRONT. **Guia de buenas practicas agricolas**. Guatemala. 2014
2. Codex Alimentarious. **Codigo Internacional Recomendado de Practicas y Principios Generales de Higiene de los Alimentos.** Italia. 1969
3. Instituto Tecnico de Capacitacion y Productividad. INTECAP. **Manual de Conservacion de Suelos**. Guatemala.1979
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion. FAO. **Manual "Buenas Practicas Agricolas para la Agricultura Familiar"**. Colombia. 2007.
5. Marat Consultores. **Entrada en vigos de la Ley de Cadena Alimentaria.** Ultima Actualizacion 22 Diciembre, 2013. Pagina web encontrada en linea en: http://maratconsultores.com/entrada-en-vigor-de-la-ley-122013-de-cadena-alimentaria/

3. Datos originales de evaluaciones en piña (A. Comosus) de la comunidad San Agustín, Morales, Izabal.

Cuadro 206. Análisis físico de piña (*A comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Alto (cm)	Ancho (cm)	Circunferencia (cm)	Largo hojas (cm)	Peso con hoja (g)	Peso sin hoja (g)
1	14.2	12.1	39.2	31	1434.4	1182.8
2	12	11.3	35.8	28	999.2	849.1
3	12.5	11.7	37.4	26	1086.8	911.4
4	13.5	12	38	29.5	1279.0	1055.3
5	12.2	12.5	29.5	25.5	1182.2	1006.9
6	13.6	12.1	36	27	1147.9	984.5
7	12.5	11.6	34.8	30	812.0	797.5
8	14.1	11.9	38.2	28.5	1482.8	1299.1
9	13.6	12.5	32.4	29.5	1220.4	998.2
10	13.1	11.4	37.2	25	937.1	726.9
11	12.7	11.8	29.7	30	1073.1	897.7
12	13.9	12.4	31.5	27	1048.4	796.8
13	12.4	11.3	35.1	24.5	1386.4	1275.3
14	12.7	11	38.1	30.5	1275.3	1030.2
15	14.2	12.5	39.7	26.5	994.5	794.5
16	13.8	11.3	37	28.5	1042.4	942.5
17	12.5	11.6	33.9	26	1345.7	1204.2
18	13.2	11.4	29.5	29.5	1233.2	1111.0
19	13.7	12.1	34.7	30	1062.5	962.4
20	13.4	11.9	30	27	891.8	750.3
21	14.5	12.4	36	26.6	1024.5	813.4
22	12.4	11	37.9	31.5	1062.3	862.4
23	13.6	11.7	39.4	28	1268.5	1144.4
24	13.2	11.5	33.1	30.5	989.1	889.2
25	12.7	12	29.8	27.5	1240.5	1119.4
26	14.1	12.4	37	28.5	1122.5	930.3
27	13.8	11.3	31.9	29	1200.4	1079.2
28	13.3	11.9	39.1	26.5	1041.5	910.0
29	12.4	10.6	36.2	26.5	1109.3	952.7
30	12.8	11.7	29.2	30	994.1	738.6

Continuación Cuadro 206. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Alto (cm)	Ancho (cm)	Circunferencia (cm)	Largo hojas (cm)	Peso con hoja (g)	Peso sin hoja (g)
31	14.1	12	39	28	1004.4	910.2
32	13.5	11.8	37.5	28.5	1159.5	1059.5
33	12.9	12.1	34.3	30	1202.4	1079.1
34	13.2	12	29.7	31.5	1095.7	965.8
35	13.7	11.6	32.3	26	1033.1	833.7
36	13.1	11.7	34.3	27.5	1257.4	1005.8
37	12.5	12.3	35.1	29	1173.9	1023.8
38	13.4	11.4	29.8	27	1123.7	948.3
39	14	12	31.4	28.5	1428.8	1205.1
40	14.8	11.6	36	30.5	1373.7	1198.4
41	13.8	11.3	32.7	29	1015.6	852.2
42	13.3	11.5	36.2	26	1256.9	1042.4
43	14.2	12.6	33.3	29.5	1424.9	1241.2
44	12.1	10.9	31.6	31	1165.5	943.3
45	13	11.1	29.7	30	1219.6	1009.4
46	12.7	10.7	34.9	28.5	1024.6	849.2
47	12.9	11.6	36.1	26.5	1199.9	948.3
48	14.3	12.4	35	27	1337.4	1187.3
49	13.6	12.5	36.4	29	1256.6	1081.2
50	13.1	11.4	37.6	26.5	1264.9	1041.2
51	13.8	11.6	32.5	30.5	1177.6	1002.3
52	13.3	11.9	39	29.5	1173.9	1010.5
53	14.6	11.4	33.1	27	1295.5	1081.0
54	12.4	10.8	29.6	26	1070.5	886.8
55	13	11.5	35.5	31	1164.0	941.8
56	12.8	10.9	31.8	27.5	1135.3	925.1
57	14.2	12.1	36.3	29.5	1211.3	1035.9
58	13.5	11.3	34.9	27	1281.0	1029.4
59	13.2	11.8	39.2	30.5	1170.0	1019.9
60	14.1	11.3	35.3	26.5	1304.5	1129.1
61	12.7	10.8	33.8	28	1226.7	1003.0
62	12.3	11	32.8	25.5	1216.4	1041.1
63	14.4	12.3	31	27.5	1287.8	1124.4
64	13.2	12.1	34.9	31	1295.8	1081.3

Continuación Cuadro 206. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Alto (cm)	Ancho (cm)	Circunferencia (cm)	Largo hojas (cm)	Peso con hoja (g)	Peso sin hoja (g)
65	12.6	11.8	33.7	28.5	1223.2	1039.5
66	13.1	11.1	36.6	29	1627.2	1405.0
67	13.5	12	37	26	1723.2	1513.0
68	13.2	10.7	32.9	30.5	1180.4	1005.0
69	13.7	12.2	34.4	26.5	1345.7	1094.1
70	12.9	11.4	35.4	27	1062.4	912.3
71	13.8	11.7	33.1	29	1170.6	995.2
72	14.5	12.5	39.5	26.5	1348.2	1124.5
73	13	12.1	37.3	29.5	1130.3	955.0
74	14.2	12.5	37.7	30	1363.5	1200.1
75	13.4	11.5	36.4	28.5	1265.1	1050.6
76	12.2	11	30.2	31	1128.7	945.0
77	14.3	10.9	29.6	27.5	1363.6	1112.0
78	13.5	11.8	33.8	27	1170.5	1020.4
79	12.8	10.7	38.6	28.5	1122.6	947.2
80	13.4	11.4	33	26.5	1247.1	1023.4
81	12.7	11.7	30.6	30.5	1164.5	989.2
82	14	12.2	31.4	31	1252.6	1089.2
83	14.1	12	37.1	27.5	1296.9	1082.4
84	12.6	10.8	30.7	25.5	1154.7	971.0
85	13.6	11.5	38	26.6	1204.7	982.5
86	12.5	11.2	34.1	28	1109.6	899.4
87	13	12.1	32.8	27	1226.5	1051.1
88	13.1	11.7	34.7	29.5	1247.9	996.3
89	13.6	12.4	38.3	30.5	1221.8	1071.7
90	12.3	11.8	31.9	26	1185.9	1010.5
91	12.7	11.6	36.1	31	1248.2	1024.5
92	13.8	10.7	29.9	28.5	1170.8	995.5
93	13.3	11.7	33.7	25.5	1157.5	994.1
94	14.1	12	36.2	27.5	1319.8	1105.3
95	13.6	11.5	34.7	29	1243.4	1048.3

Cuadro 207 Análisis físico de piña (*A Comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Forma	Color cáscara	Color hojas	Golpes
1	Ovalada	5	Verde	No
2	esférica	6	verde	No
3	ovalada	6	verde con manchas	No
4	ovalada	4	Verde	No
5	esférica	5	Verde	No
6	Ovalada	6	verde con manchas	Si
7	esférica	7	verde con manchas	Si
8	Ovalada	4	verde	No
9	Ovalada	5	verde	No
10	Ovalada	5	verde	No
11	esférica	5	verde	No
12	Ovalada	6	verde	No
13	Ovalada	4	verde	Si
14	Ovalada	5	verde	No
15	Ovalada	6	verde con manchas	No
16	Ovalada	6	verde	Si
17	esférica	4	verde	No
18	Ovalada	5	verde	No
19	Ovalada	4	verde	No
20	Ovalada	4	verde	No
21	Ovalada	5	verde	No
22	Ovalada	6	verde con manchas	Si
23	Ovalada	5	verde	No
24	Ovalada	5	verde	Si
25	esférica	6	verde con manchas	Si
26	Ovalada	5	verde	No
27	Ovalada	5	verde	No
28	Ovalada	5	verde	No
29	Ovalada	5	verde con manchas	No
30	esférica	5	verde	No
31	Ovalada	6	verde	No
32	Ovalada	6	verde	No
33	esférica	4	verde	No
34	Ovalada	6	verde con manchas	No
35	Ovalada	5	verde	No
36	Ovalada	5	verde	Si
37	esférica	4	verde	No
38	Ovalada	4	verde	No
39	Ovalada	5	verde	No

Continuación Cuadro 207. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Forma	Color cáscara	Color hojas	Golpes
40	Ovalada	4	verde	No
41	Ovalada	5	verde con manchas	No
42	Ovalada	5	verde	No
43	Ovalada	5	verde	No
44	Ovalada	6	verde	No
45	Ovalada	5	verde con manchas	No
46	Ovalada	5	verde	No
47	Ovalada	5	verde	No
48	Ovalada	6	verde	No
49	esférica	7	verde	No
50	Ovalada	4	verde	No
51	Ovalada	5	verde	No
52	Ovalada	5	verde	Si
53	Ovalada	6	verde	No
54	Ovalada	6	verde con manchas	No
55	Ovalada	7	verde	No
56	Ovalada	5	verde	No
57	Ovalada	6	verde	No
58	Ovalada	5	verde	No
59	Ovalada	4	verde con manchas	No
60	Ovalada	5	verde	No
61	Ovalada	5	verde	No
62	Ovalada	5	verde	No
63	Ovalada	4	verde	No
64	esférica	5	verde con manchas	No
65	esférica	5	verde	No
66	Ovalada	6	verde	No
67	Ovalada	5	verde	No
68	Ovalada	6	verde	No
69	Ovalada	4	verde	Si
70	Ovalada	6	verde	No
71	Ovalada	7	verde	No
72	Ovalada	5	verde	No
73	esférica	5	verde	No
74	Ovalada	6	verde	No
75	Ovalada	4	verde	No
76	Ovalada	5	verde con manchas	No
77	Ovalada	5	verde con manchas	No
78	Ovalada	6	verde	No
79	Ovalada	6	verde	Si

Continuación Cuadro 207. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	Forma	Color cáscara	Color hojas	Golpes
80	Ovalada	5	verde	No
81	esférica	5	verde	No
82	Ovalada	5	verde	No
83	Ovalada	4	verde	No
84	Ovalada	6	verde	No
85	Ovalada	5	verde con manchas	No
86	Ovalada	5	verde	Sí
87	esférica	4	verde	No
88	Ovalada	5	verde	No
89	esférica	5	verde	No
90	esférica	4	verde	No
91	esférica	5	verde	No
92	Ovalada	4	verde con manchas	No
93	Ovalada	5	verde	No
94	Ovalada	4	verde	No
95	Ovalada	5	verde	No

Cuadro 208: Análisis fisicoquímico de Piña (*A comosus)* de la comunidad San Agustín, Morales, Izabal

No. Piña	pH	ºBrix
1	4.14	13.2
2	4.28	16.8
3	4.24	14.3
4	4.25	17.7
5	4.34	16.2
6	4.22	14.6
7	4.17	16.2
8	4.19	13.8
9	4.31	15.4
10	4.13	16.2
11	4.35	17.3
12	4.26	17.6
13	4.21	15.8
14	4.3	16.9
15	4.29	15.0
16	4.22	14.8
17	4.15	16.3
18	4.33	15.8
19	4.2	16.4

Continuación Cuadro 208. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	pH	ºBrix
20	4.24	15.1
21	4.27	16.7
22	4.16	17.8
23	4.31	13.9
24	4.3	16.6
25	4.19	17
26	4.25	16.9
27	4.29	16.3
28	4.17	17.2
29	4.22	16.8
30	4.3	14.4
31	4.14	16.9
32	4.29	14.1
33	4.24	17.3
34	4.27	16.8
35	4.34	16
36	4.37	13.8
37	4.76	14.6
38	4.26	15.4
39	4.6	14.8
40	4.23	17.4
41	4.02	17.8
42	4.11	15.3
43	4.56	16.8
44	4.39	16.9
45	4.72	16.1
46	4.34	17.1
47	4.11	15.6
48	4.05	13.8
49	3.78	14.9
50	4.65	14.6
51	4.19	17.5
52	4.61	16.9
53	3.92	16.4
54	4.51	16.4
55	4.34	16.7
56	4.48	16
57	4.6	14.8
58	4.02	15.7
59	4.26	17
60	4.62	16.5
61	4.85	17.1
62	4.15	16.3
63	4.62	15.3
64	4.07	16.1
65	4.15	14.3

Continuación Cuadro 208. Análisis físico de piña (*A. comosus)* de diferentes terrenos de San Agustín

No. Piña	pH	ºBrix
66	4.66	14
67	4.52	17.4
68	4.92	16.7
69	4.22	16.1
70	4.5	15.5
71	4.33	15.8
72	4.52	15.6
73	3.86	16.4
74	4.24	15.9
75	4.66	14.7
76	4.12	16.6
77	4.3	17.5
78	4	16.2
79	4.03	15.5
80	4.6	17.1
81	4.19	13.9
82	4.4	14.6
83	4.28	15.8
84	4.1	16.2
85	4.52	15
86	4.06	16.8
87	4.4	17.2
88	4.23	17.6
89	4.67	16
90	4.44	15.7
91	4.52	16.8
92	4.1	16.3
93	4.13	17.2
94	4.62	16.4
95	4.53	15.8

4. Norma para la piña CODEX STAN 182-1993. Se presenta el código utilizado de referencia para la normalización de las características de la piña (*A. Comosus)*

NORMA DEL CODEX PARA LA PIÑA

(CODEX STAN 182-1993)

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de piñas obtenidas de *Ananas comosus* (L.) Merr., de la familia *Bromeliaceae*, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen las piñas destinadas a la elaboración industrial.

2. DISPOCISIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

2.1 REQUISITOS MÍNIMOS

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las piñas deberán:

- estar enteras, con la corona o sin ella;
- estar sanas, y exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo;
- estar limpias, y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible;
- estar prácticamente exentas de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- estar prácticamente exentas de daños causados por plagas;
- estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- tener un aspecto fresco, incluidas en su caso las coronas, que deberán estar exentas de hojas muertas o secas;
- estar exentas de daños causados por bajas y/o altas temperaturas;
- estar exentas de manchas obscuras internas;
- estar exentas de manchas pronunciadas.

Cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a 2,0 cm, y el corte deberá ser transversal, recto y limpio. El fruto deberá ser fisiológicamente maduro, es decir, no presentar señales de falta de madurez (opacidad, falta de sabor, pulpa demasiado porosa[1]) o de madurez excesiva (pulpa demasiado traslúcida o fermentada).

2.1.1 Las piñas deberán haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez, de conformidad con los criterios peculiares de la variedad y/o tipo comercial y la zona en que se producen.

El desarrollo y condición de las piñas deberán ser tales que les permitan:

- soportar el transporte y la manipulación; y
- llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

2.1.2 Requisitos de Madurez

El contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser, como mínimo, de 12°Brix (doce grados Brix). Para la determinación de los grados Brix deberá tomarse una muestra representativa del zumo (jugo) del fruto entero.

[1] Excepto en ciertas variedades como las del Grupo Reina.

2.2 **CLASIFICACIÓN**

Las piñas se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 **Categoría "Extra"**

Las piñas de esta categoría deberán ser de calidad superior y característicos de la variedad y/o tipo comercial. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

La corona deberá ser, en su caso, simple y recta, sin brotes, y su longitud deberá variar entre el 50 y el 150% de la longitud del fruto, en el caso de las piñas en que no se haya recortado[2] la corona.

2.2.2 **Categoría I**

Las piñas de esta categoría deberán ser de buena calidad y características de la variedad y/o tipo comercial. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- defectos leves de forma;
- defectos leves de coloración, incluyendo manchas producidas por el sol;
- defectos leves de la cáscara (es decir, rasguños, cicatrices, raspaduras y manchas) que no superen el 4% de la superficie total.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

La corona deberá ser, en su caso, simple y recta o ligeramente curva, sin brotes, y su longitud deberá variar entre el 50 y el 150% de la longitud del fruto, en el caso de las piñas en que se haya recortado[3] o no la corona.

2.2.3 **Categoría II**

Esta categoría comprende las pinãs que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando las piñas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- defectos de forma;
- defectos de coloración, incluyendo manchas producidas por el sol;
- defectos de la cáscara (es decir, rasguños, cicatrices, raspaduras, magulladuras y manchas) que no superen el 8% de la superficie total.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

La corona deberá ser, en su caso, simple o doble y recta o ligeramente curva, sin brotes.

3. **DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES**

El calibre se determina por el peso medio del fruto, que deberá ser como mínimo de 700 g, salvo para las variedades pequeñas[3], que podrán tener un peso mínimo de 250 g, de acuerdo con el siguiente cuadro:

---

[2] El recortado consiste en entresacar algunas hojas de la parte superior de la corona.

[3] Como las variedades Victoria y Reina.

Código de calibre	**Peso medio (+/-12%)** (en gramos)	
	con corona	**sin corona**
A	2750	2280
B	2300	1910
C	1900	1580
D	1600	1330
E	1400	1160
F	1200	1000
G	1000	830
H	800	660

En el comercio internacional, volúmenes significativos de piñas son envasadas y vendidas utilizando el conteo por caja. Las cajas se cargan con un peso mínimo esperado de, por ejemplo, 20 kg, 20 lbs, 40 lbs, según los diferentes mercados. Los frutos son separados para envasarse por peso, el cual se aproxima a los códigos de calibres especificados en el cuadro, sin embargo, las mismas podrían no pertenecer a un solo código de calibre, pero retendrían la uniformidad requerida por el código.

4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS

En cada lote de inspección se permitirán tolerancias de calidad y calibre para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

4.1 TOLERANCIAS DE CALIDAD

4.1.1 Categoría “Extra”

El 5%, en número o en peso, de las piñas que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría I o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2 Categoría I

El 10%, en número o en peso, de las piñas que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.3 Categoría II

El 10%, en número o en peso, de las piñas que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo.

4.2 TOLERANCIAS DE CALIBRE

Para todas las categorías y formas de presentación, el 10%, en número o en peso, de las piñas que correspondan al calibre inmediatamente superior o inferior al indicado en el envase.

5. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA PRESENTACIÓN

5.1 HOMOGENEIDAD

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente por piñas del mismo origen, variedad y/o tipo comercial, calidad y calibre. Para la Categoría “Extra”, el color y la madurez deberán ser homogéneos. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2 ENVASADO

Las piñas deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos[4], estar limpios y ser de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Las piñas deberán disponerse en envases que se ajusten al Código Internacional de Prácticas Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995).

5.2.1 Descripción de los Envases

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para asegurar la manipulación, el transporte y la conservación apropiados de las piñas. Los envases deberán estar exentos de cualquier materia y olor extraños.

6. MARCADO O ETIQUETADO

6.1 ENVASES DESTINADOS AL CONSUMIDOR

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

6.1.1 Naturaleza del Producto

Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto y, facultativamente, con el de la variedad y/o tipo comercial. Deberá indicarse la ausencia de la corona.

6.2 ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble y visibles desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan el envío.

6.2.1 Identificación

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (facultativo)[5].

6.2.2 Naturaleza del Producto

Nombre del producto si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad o tipo comercial (facultativo). Deberá indicarse la ausencia de la corona.

6.2.3 Origen del Producto

País de origen y, facultativamente, nombre del lugar, distrito o región de producción.

6.2.4 Especificaciones Comerciales

- Categoría;
- Calibre (código de calibre o peso medio en gramos);
- Número de unidades (facultativo);
- Peso neto (facultativo).

6.2.5 Marca de Inspección Oficial (facultativa)

---

[4] Para los fines de esta Norma, esto incluye el material recuperado de calidad alimentaria.

[5] La legislación nacional de algunos países requiere una declaración expresa del nombre y la dirección. Sin embargo, en caso de que se utilice una marca en clave, habrá de consignarse muy cerca de ella la referencia al "envasador y/o expedidor" (o a las siglas correspondientes).

7. CONTAMINANTES

7.1 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

7.2 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

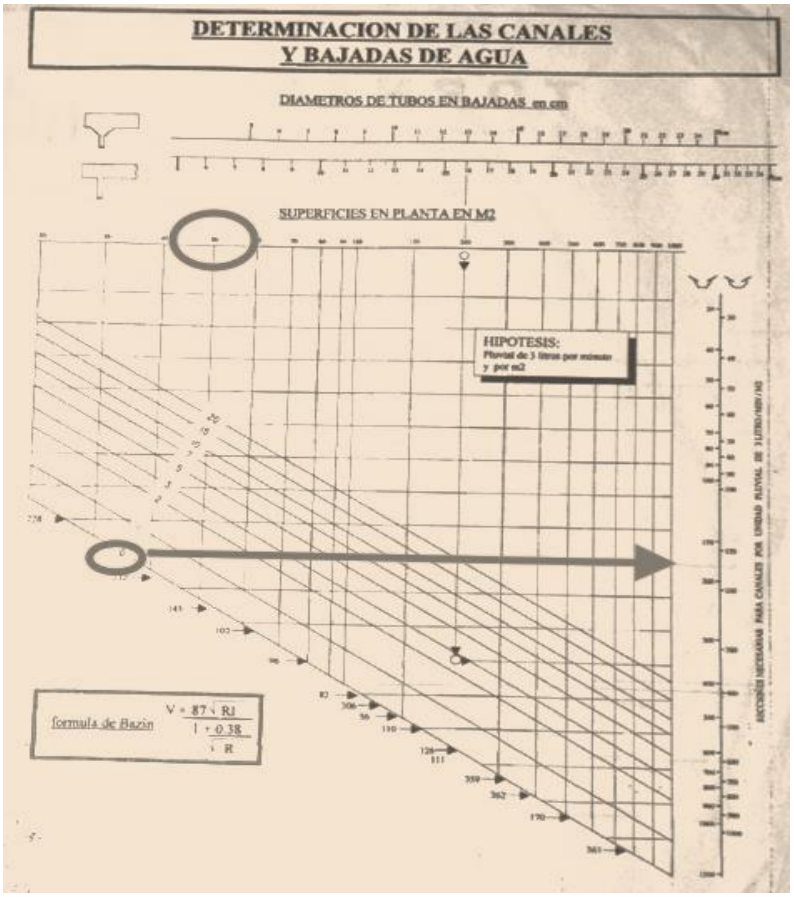
8. HIGIENE

8.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

8.2 El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

C. DISEÑO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL PARA UNA CASA EN MADERA PARA GENTE DE ESCASOS RECURSOS ENFOCADA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Figura 195. Diagrama para determinación de dimensión de canales en base a precipitación pluvial.



Fuente: Luis A. Echeverría, 2003

Cuadro 209: Iteraciòn 1 para optimización de vigas secundarias.

Vigas secundarias					
B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
11.43	11.43				
D		14	0.7	1.379	3.449
C		30	0.9	5.208	3.472
D/C		46.67%	77.78%	26.48%	99.34%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 210: Iteraciòn 2 para optimización de vigas secundarias.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
7.62	7.62				
D		14	0.7	0.399	0.998
C		30	0.9	5.208	3.472
D/C		46.67%	77.78%	7.66%	28.74%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 211: Iteraciòn 3 para optimización de vigas secundarias.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
7.62	7.62				
D		6	0.3	0.479	1.197
C		30	0.9	5.208	3.472
D/C		20.00%	33.33%	9.20%	34.48%

Fuente: Elaboración propia

.

Cuadro 212: Iteraciòn 4 para optimización de vigas secundarias.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
7.62	7.62				
D		14	0.7	1.379	3.449
C		30	0.9	5.208	3.472
D/C		46.67%	77.78%	26.48%	99.34%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 213: Iteraciòn 1 para optimización de vigas principales.

Vigas principales					
B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
14	19				
D		4	0.3	6.948	6.85
C		30	0.9	12.5	8.333
D/C		13.33%	33.33%	55.58%	82.20%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 214: Iteraciòn 2 para optimización de vigas principales.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
9	14				
D		4	0.3	6.948	6.85
C		30	0.9	12.5	8.333
D/C		13.33%	33.33%	55.58%	82.20%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 215: Iteraciòn 3 para optimización de vigas principales.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
4	9				
D		15	0.8	44.3	44.93
C		30	0.9	12.5	8.333
D/C		50.00%	88.89%	354.40%	539.18%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 216: Iteraciòn 4 para optimización de vigas principales.

B(cm)	H(cm)	Flexión (N/mm^2)	Corte(N/mm^2)	Deflexión carga viva (mm)	Deflexión carga muerta+viva (mm)
6	14				
D		4	0.3	6.85	6.94
C		30	0.9	12.5	8.333
D/C		13.33%	33.33%	54.80%	83.28%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 217: Iteraciòn 1 para optimización de elementos de marcos de páneles.

Marco de páneles					
B(cm)	H(cm)	Compresión axial (N/mm^2)	Esfuerzo crítico de Euler (N/mm^2)	Flexión (N/mm^2)	Flexo-compresión (N/mm^2) Ec. de interación
8.89	13.97				
D		0.001	4	16	0.029
C		224	176	868	1
D/C		0.0004%	2.27%	1.84%	2.90%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 218: Iteraciòn 2 para optimización de elementos de marcos de páneles.

B(cm)	H(cm)	Compresión axial (N/mm^2)	Esfuerzo crítico de Euler (N/mm^2)	Flexión (N/mm^2)	Flexo-compresión (N/mm^2) Ec. de interación
1.27	6.35				
D		1.895	2	95	2
C		224	176	868	1
D/C		0.85%	1.14%	10.94%	200.00%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 219: Iteraciòn 3 para optimización de elementos de marcos de páneles.

B(cm)	H(cm)	Compresión axial (N/mm^2)	Esfuerzo crítico de Euler (N/mm^2)	Flexión (N/mm^2)	Flexo-compresión (N/mm^2) Ec. de interación
3.81	3.81				
D		1.053	1	88	1
C		224	176	868	1
D/C		0.47%	0.57%	10.14%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 220: Iteraciòn 4 para optimización de elementos de marcos de páneles.

B(cm)	H(cm)	Compresión axial (N/mm^2)	Esfuerzo crítico de Euler (N/mm^2)	Flexión (N/mm^2)	Flexo-compresión (N/mm^2) Ec. de interación
3.81	8.8				
D		0.451	4	16	0.029
C		224	176	868	1
D/C		0.20%	2.27%	1.84%	2.90%

Fuente: Elaboración propia

1. Memoria de cálculo de estructura de la vivienda de madera. En la memoria de cálculo se detalla el diseño estructural de los siguientes componentes:

a) Vigas secundarias de cubierta Página 1
b) Vigas principales de cubierta Página 5
c) Páneles Página 8
d) Dinteles Página 48
e) Pernos de anclaje y clavos para conexión Página 50
f) Solera perimetral Página 53

Diseño vigas secundarias de cubierta

Integracion de cargas

Carga muerta

$$Pesopropio := 20\ \frac{kgf}{m^2} = 196\ \frac{N}{m^2}$$

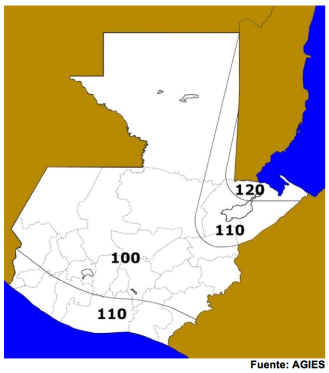
$$CM := Pesopropio$$

Carga de viento. ASCE 7 Cap 26 y Cap 28. Procedimiento de Envolvente.

5.2.1.1 Exposición B tiene suelo con edificaciones, bosques o irregularidades superficiales que cubre por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.50 km o más desde el lugar

Factor de direccionalidad del viento Kd. ASCE 7-10 Cap 26. tabla 26.6-1 $Kd := 0.85$ Sistema resistente al viento.

Figura 5-1



Fuente: AGIES

Velocidad promedio del viento en la zona $V := 68.35\ mph = 30.555\ \frac{m}{s}$

Presión de remanso del viento qs $qs := 573\ \frac{kN}{m^2} = 11967\ psf$

Coeficiente de exposición de velocidad de presión $Kz := 0.70$

Velocity Pressure Exposure Coefficients, K_h and K_z

Table 28.3-1

Height above ground level, z		Exposure		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4.6)	0.70	0.85	1.03
20	(6.1)	0.70	0.90	1.08
25	(7.6)	0.70	0.94	1.12
30	(9.1)	0.70	0.98	1.16
40	(12.2)	0.76	1.04	1.22
50	(15.2)	0.81	1.09	1.27
60	(18)	0.85	1.13	1.31

Factor topográfico

Se asume como 1 según sección 26.8.2 porque no cumple con las condiciones de la sección 26.8.1 de ASCE 7-10

$$Kzt := 1$$

Presión del viento debido a la velocidad

$$factor := 0.00256\ \frac{psf}{\frac{m^2}{s^2}}$$

$$qz := factor\ Kz \cdot Kzt \cdot Kd \cdot V^2 = 68\ \frac{N}{m^2}$$

Coeficientes de presión interna

$GCpineg := -0.55$

$GCpipos := 0.55$

Clasificación de la estructura según ASCE 7-10 es de una estructura parcialmente cerrada.

Coeficientes de presión externa

$GCpf := -0.48$

Caso de carga B. Se tienen dos coeficientes en la zona de análisis, -0.45 y -0.48. Domina el mayor.

Roof Angle θ (degrees)	LOAD CASE B											
	Building Surface											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0-90	-0.45	-0.69	-0.37	-0.45	0.40	-0.29	-0.48	-1.07	-0.53	-0.48	0.61	-0.43

$P1 := qz \cdot (GCpf - GCpipos) = -70 \ \frac{N}{m^2}$

$P2 := qz \cdot (GCpf - GCpineg) = 5 \ \frac{N}{m^2}$

$Pcalculada := max(P1, P2) = 5 \ \frac{N}{m^2}$

$Pmax := 16 \ psf = 766 \ \frac{N}{m^2}$ Utilizar 16 psf (0.766 kN/m2) porque es el mínimo establecido por ASCE 7-10. Cap 28. Sección 28.4.4

$CW := Pmax = 766.084 \ \frac{N}{m^2}$

Carga viva

Factor KLL de reducción de carga viva. Tabla 1607.9.1 IBC-2009

En este caso, el factor a aplicar es 1

$KLL := 1$ $Atributaria := 1.03 \ m \cdot 1.11 \ m = 1.143 \ m^2$

$Franjadiseño := 1.03 \ m$

$KLL \cdot Atributaria = 1.143 \ m^2$

$CV := 50 \ \frac{kgf}{m^2} = 490 \ \frac{N}{m^2}$

Según sección 1607.9.1 de IBC 2009, debido a que KLL*At es>400 no es necesario hacer una reducción en la carga viva.

Combinaciones de carga

$CR1 := 1.4 \ CM = 275 \ \frac{N}{m^2}$

$CR3 := 1.3 \ CM + CV = 745 \ \frac{N}{m^2}$

$CR6a := 1.2 \ CM + CV + 1.3 \ CW = 1722 \ \frac{N}{m^2}$

$CR6b := 1.2 \ CM + CV - 1.3 \ CW = -270 \ \frac{N}{m^2}$

$max(CR1, CR3, CR6a, CR6b) = 1722 \ \frac{N}{m^2}$ $L := 1.25 \ m$

$W := max(CR1, CR3, CR6a, CR6b) \cdot Franjadiseño = 1773 \ \frac{N}{m}$

$Mv := \frac{1}{8} \cdot W \cdot L^2 = 346 \ (N \cdot m)$

$Pv := W \cdot 0.5 \cdot L = 1108 \ N$

$Fb := 349.53 \ \frac{kgf}{cm^2} = 34 \ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo flexionante admisible.

$SxxDemandante := \frac{Mv}{Fb} = 10 \ cm^3$

Dimensionamiento:

$B := (2) \ in - 0.5 \ in = 1.5 \ in$ $B = 3.81 \ cm$ 1/2 pulgada menos por el cepillado de la madera.

$H := (3) \ in - 0.5 \ in = 2.5 \ in$ $H = 6.35 \ cm$

Analisis en flexión

$Area := B \cdot H = 24\ cm^2$

$Sxx := \frac{1}{6} \cdot B \cdot H^2 = 26\ cm^3$

$Sxxok := \begin{cases} \text{if } Sxx \geq SxxDemandante \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{SxxDemandante}{Sxx} = 39.5\%$

$CF := 0.9$ Factor de tamaño. Tabla 4A de NDS 2005.

$C_M := 0.85$ Factor de humedad en flexión.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Cr := 1.15$ Factor de miembros repetitivos. Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.

$C_{fu} := 1$ Factor de utilización plana. Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones de 2"X3"

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$CD := 1$ Factor de duración de carga.

$C_L := 1$ Factor de estabilidad. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

$\sigma' := Fb \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot C_L \cdot CF \cdot Cr \cdot C_{fu} \cdot Ci = 30\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma REAL := \frac{Mv}{Sxx} = 14\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma'ok := \begin{cases} \text{if } \sigma' \geq \sigma REAL \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\sigma REAL}{\sigma'} = 44.9\%$

Análisis en corte

$\sigma corte := \frac{1.5 \cdot Pv}{Area} = 0.7\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma admisibleCORTE := 135\ psi = 0.931\ \frac{N}{mm^2}$

$C_M := 0.97$ Factor de humedad en corte.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$CD := 1$ Factor de duración de carga.

$Cb := 1$ Factor de área de soporte de vigas. según NDS 2005 es 1 para extremos de elementos.

$\sigma'corte := \sigma admisibleCORTE \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = 0.903\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma'ok := \begin{cases} \text{if } \sigma'corte \geq \sigma corte \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\sigma corte}{\sigma'corte} = 76.1\%$

Análisis de deflexión

$Emin := 71.52\ \frac{tonf}{cm^2} = 6363\ \frac{N}{mm^2}$ Módulo de elasticidad. Manual para la producciòn de Laurel.Quito,Ecuador, 47 p.

$C_M := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 1 por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$E´ADMISIBLE := Emin \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = 5726\ \frac{N}{mm^2}$ $L = 1.25\ m$

$Ixx := \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 = 1.953\ in^4$ $CM = 196\ \frac{N}{m^2}$ $Atributaria = 1.143\ m^2$

$Iyy := \frac{1}{12} \cdot H \cdot B^3 = 0.703\ in^4$

$CV := 50\ \frac{kgf}{m^2} = 490\ \frac{N}{m^2}$

$CM \cdot Franjadiseño = 202.017\ \frac{N}{m}$

Deflexión debido a carga viva Según tabla 1604.3 IBC 2009

$\Delta_{LL} := \frac{L}{360} = 3.472\ mm$

$\Delta_{DL} := \frac{L}{240} = 5.208\ mm$

Deflexión debido a carga viva + carga muerta Según tabla 1604.3 IBC 2009

$\Delta DL := \frac{5 \cdot CM \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E´ADMISIBLE \cdot Ixx} = 1.379\ mm$

$\Delta LL := \frac{5 \cdot CV \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E´ADMISIBLE \cdot Ixx} = 3.449\ mm$

$k := 1$ Factor de deslizamiento (creep factor)

$\Delta_{TL} := \Delta LL + k \cdot \Delta DL = 4.828\ mm$

$DC := \frac{\Delta DL}{\Delta_{DL}} = 26.5\%$

$DC := \frac{\Delta LL}{\Delta_{LL}} = 99.3\%$

$\Delta DLok := \text{if } \Delta DL \le \Delta_{DL}$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" = "CHEQUEA"

$\Delta LLok := \text{if } \Delta LL \le \Delta_{LL}$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" = "CHEQUEA"

Análisis de compresión (perpendicular a la fibra de la madera)

$Fperp := 40.68\ \frac{kgf}{cm^2} = 4\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo de compresión admisible perpendicular al grano. $Cb = 1$

$C_M := 0.67$ Factor de humedad para esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra.Tabla 4A de NDS 2005. La madera cont 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$\sigma´compresiónAdmisible := Fperp \cdot C_M \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3\ \frac{N}{mm^2}$

Distancia de soporte en el panel requerido por la viga.

$Ldesoporterequerido := \frac{Pv}{B \cdot \sigma´compresiónAdmisible} = 1.088\ cm$

$\sigma compresionOK := \text{if } \sigma´compresiónAdmisible < Fperp$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" = "C

Diseño vigas principales de cubierta

$L := 3.3\ m = 11\ ft$

Integración de cargas

$Pesopropio := 20\ \frac{kgf}{m^2} = 196\ \frac{N}{m^2}$ $CV := 50\ \frac{kgf}{m^2} = 490\ \frac{N}{m^2}$

Carga muerta

$CM := 6\ psf + Pesopropio = 483\ \frac{N}{m^2}$

$Franjadiseño := 1.11\ m$

$Atributaria := Franjadiseño \cdot L = 3.663\ m^2$

Factor KLL de reducción de carga viva. Tabla 1607.9.1 IBC-2009

En este caso, el factor a aplicar es 2

$KLL := 2$

$KLL \cdot Atributaria = 7.326\ m^2$

Según sección 1607.9.1 de IBC 2009, debido a que KLL*At es>400 no es necesario hacer una reducción en la carga viva.

Table 4-2 Live Load Element Factor, K_{LL}

Element	K_{LL}[a]
Interior columns	4
Exterior columns without cantilever slabs	4
Edge columns with cantilever slabs	3
Corner columns with cantilever slabs	2
Edge beams without cantilever slabs	2
Interior beams	2
All other members not identified, including:	1
Edge beams with cantilever slabs	
Cantilever beams	
One-way slabs	
Two-way slabs	
Members without provisions for continuous shear transfer normal to their span	

[a] In lieu of the preceding values, K_{LL} is permitted to be calculated.

Combinaciones de carga

$CR1 := 1.4\ CM = 677\ \frac{N}{m^2}$

$CR3 := 1.3\ CM + CV = 1119\ \frac{N}{m^2}$

$max(CR1, CR3) = 1119\ \frac{N}{m^2}$

$Pvsecundarias := 173\ lbf = 770\ N$ $W := max(CR1, CR3) \cdot Franjadiseño = 1242\ \frac{N}{m}$ $Mv := 0.333 \cdot Pvsecundarias \cdot L = 846\ N \cdot m$

$Pv := W \cdot 0.5 \cdot L = 2049\ N$

$wDL := CM \cdot Franjadiseño = 536.59\ \frac{N}{m}$

$wLL := CV \cdot Franjadiseño = 544.269\ \frac{N}{m}$ $Pv = 460.64\ lbf$

$Fb := 349.53\ \frac{kgf}{cm^2} = 34\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo flexionante admisible.

$SxxDemandante := \frac{Mv}{Fb} = 25\ cm^3$

Dimensionamiento:

$B := (3)\ in - 0.5\ in = 2.5\ in$ $B = 6.35\ cm$ 1/2 pulgada menos por el cepillado de la madera.

$H := (6)\ in - 0.5\ in = 5.5\ in$ $H = 13.97\ cm$

$Area := B \cdot H = 88.71\ cm^2$

$Sxx := \frac{1}{6} \cdot B \cdot H^2 = 207\ cm^3$

$Sxxok := \text{if } Sxx \geq SxxDemandante \text{ “CHEQUEA” else “NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{SxxDemandante}{Sxx} = 11.9\%$

$C_M := 0.85$ Factor de humedad para esfuerzo de flexión.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de

C_M humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$CD := 1$ Factor de duración de carga.

$Cb := 1$ Factor de área de soporte de vigas. según NDS 2005 es 1 para extremos de elementos.

$C_L := 1$ Factor de estabilidad. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

$CF := 0.9$ Factor de tamaño. Tabla 4A de NDS 2005.

$Cr := 1.15$ Factor de miembros repetitivos. Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.

$C_{fu} := 1$ Factor de utilización plana. Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones de 2.5"X5.5"

$$\sigma' := Fb \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot C_L \cdot CF \cdot Cr \cdot C_{fu} \cdot Ci = 30 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma REAL := \frac{Mv}{Sxx} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma' ok := \begin{cases} \text{if } \sigma' \geq \sigma REAL \\ \quad \| \ \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \ \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$DC := \frac{\sigma REAL}{\sigma'} = 13.6\%$$

Análisis en corte

$C_M := 0.97$ Factor de humedad para esfuerzo de corte.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$$\sigma corte := \frac{1.5 \cdot Pv}{Area} = 0.3 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma admisibleCORTE := 135 \ psi = 0.931 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma' corte := \sigma admisibleCORTE \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = 0.903 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma' ok := \begin{cases} \text{if } \sigma' corte \geq \sigma corte \\ \quad \| \ \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \ \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$DC := \frac{\sigma corte}{\sigma' corte} = 38.4\%$$

Análisis de deflexión

$Emin := 71.52 \ \frac{tonf}{cm^2} = 6363 \ \frac{N}{mm^2}$ Módulo de elasticidad $L = 3.3 \ m$

$C_M := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$$E'ADMISIBLE := Emin \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = 5726 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Ixx := \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 = 1443 \ cm^4$$

$$Iyy := \frac{1}{12} \cdot H \cdot B^3 = 298 \ cm^4$$

$$CM = 483 \ \frac{N}{m^2}$$

$$CV := 50 \ \frac{kgf}{m^2} = 490.333 \ \frac{N}{m^2}$$

$$CM \cdot Atributaria = 1771 \ N$$

Deflexión debido a carga viva Según tabla 1604.3 IBC 2009

$$\Delta_{LL} := \frac{L}{360} = 9.167\ mm$$

$$\Delta_{DL} := \frac{L}{240} = 13.75\ mm$$

Deflexión debido a carga viva + carga muerta Según tabla 1604.3 IBC 2009

$$\Delta DL := \frac{5 \cdot CM \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E\acute{}ADMISIBLE \cdot Ixx} = 10.029\ mm$$

$$\Delta LL := \frac{5 \cdot CV \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E\acute{}ADMISIBLE \cdot Ixx} = 10.173\ mm$$

$k := 1$ Factor de deslizamiento (creep factor)

$$\Delta_{TL} := \Delta LL + k \cdot \Delta DL = 20.202\ mm$$

$$\Delta DLok := \begin{cases} \text{if } \Delta DL \le \Delta_{DL} \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$DC := \frac{\Delta DL}{\Delta_{DL}} = 72.9\%$$

$$\Delta LLok := \begin{cases} \text{if } \Delta LL \le \Delta_{LL} \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“NO CHEQUEA”}$$

$$DC := \frac{\Delta LL}{\Delta_{LL}} = 111\%$$

Análisis de compresión (perpendicular a la fibra de la madera)

$C_M := 0.67$ Factor de humedad para esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Fperp := 40.68\ \frac{kgf}{cm^2} = 4\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo de compresión admisible perpendicular al grano.

$$\sigma\acute{}compresiónAdmisible := Fperp \cdot C_M \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3\ \frac{N}{mm^2}$$

Distancia de soporte en el panel requerido por la viga.

$$Ldesoporterequerido := \frac{Pv}{B \cdot \sigma\acute{}compresiónAdmisible} = 1.207\ cm$$

$$\sigma compresiónOK := \begin{cases} \text{if } \sigma\acute{}compresiónAdmisible < Fperp \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$$

Diseño de paneles

Resistencia al viento

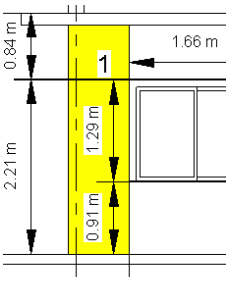
Utilizando el método de enfoque segmentado.

Determinación de radios de diseño de los paneles. Sección 2305.3.4 IBC 2009

SUR

Panel 1. Vista Sur

$h1 := 3.05\ m$ $w1 := 0.90\ m$ $\frac{h1}{w1} = 3.389$ $\frac{2 \cdot w1}{h1} = 0.59$

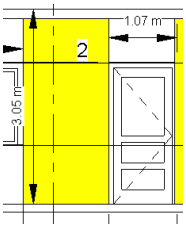


$hwok1 := \text{if } \frac{h1}{w1} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $= \text{"CHEQUEA"}$

$hwok1 := \text{if } \frac{2 \cdot w1}{h1} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $= \text{"CHEQUEA PARA SISMO"}$

Panel 2. Vista Sur

$h2 := 3.05\ m$ $w2 := 1.10\ m$ $\frac{h2}{w2} = 2.773$ $\frac{2 \cdot w2}{h2} = 0.721$

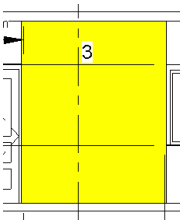


$hwok2 := \text{if } \frac{h2}{w2} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $= \text{"CHEQUEA"}$

$hwok2 := \text{if } \frac{2 \cdot w2}{h2} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $= \text{"CHEQUEA PARA SISMO"}$

Panel 3. Vista Sur

$h3 := 3.05\ m$ $w3 := 2.23\ m$ $\frac{h3}{w3} = 1.368$ $\frac{2 \cdot w3}{h3} = 1.462$

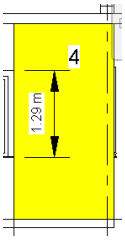


$hwok3 := \text{if } \frac{h3}{w3} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $= \text{"CHEQUEA"}$

$hwok3 := \text{if } \frac{2 \cdot w3}{h3} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $= \text{"CHEQUEA PARA SISMO"}$

Panel 4. Vista Sur

$h4 := 3.05\ m$ $w4 := 1.37\ m$ $\frac{h4}{w4} = 2.226$ $\frac{2 \cdot w4}{h4} = 0.898$

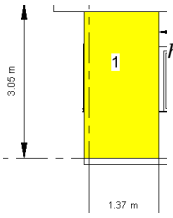


$hwok4 := \text{if } \frac{h4}{w4} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $= \text{"CHEQUEA"}$

$hwok4 := \text{if } \frac{2 \cdot w4}{h4} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $= \text{"CHEQUEA PARA SISMO"}$

NORTE

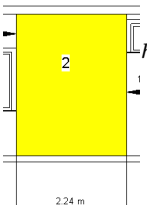
Panel 1. Vista Norte $h1N := 3.05\ m$ $w1N := 1.37\ m$ $\frac{h1N}{w1N} = 2.226$ $\frac{2 \cdot w1N}{h1N} = 0.898$



$hwNorteok1 := \text{if } \frac{h1N}{w1N} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $=$ "CHEQUEA"

$hwNorteok1 := \text{if } \frac{2 \cdot w1N}{h1N} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $=$ "CHEQUEA PARA SISMO"

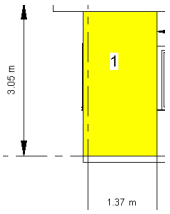
Panel 2. Vista Norte $h2N := 3.05\ m$ $w2N := 2.24\ m$ $\frac{h2N}{w2N} = 1.362$ $\frac{2 \cdot w2N}{h2N} = 1.469$



$hwNorteok2 := \text{if } \frac{h2N}{w2N} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $=$ "CHEQUEA"

$hwNorteok2 := \text{if } \frac{2 \cdot w2N}{h2N} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $=$ "CHEQUEA PARA SISMO"

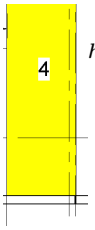
Panel 3. Vista Norte $h3N := 3.05\ m$ $w3N := 1.73\ m$ $\frac{h3N}{w3N} = 1.763$ $\frac{2 \cdot w3N}{h3N} = 1.134$



$hwNorteok3 := \text{if } \frac{h3N}{w3N} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $=$ "CHEQUEA"

$hwNorteok3 := \text{if } \frac{2 \cdot w3N}{h3N} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $=$ "CHEQUEA PARA SISMO"

Panel 4. Vista Norte $h4N := 3.05\ m$ $w4N := 1.02\ m$ $\frac{h4N}{w4N} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w4N}{h4N} = 0.669$

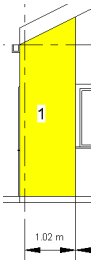


$hwNorteok4 := \text{if } \frac{h4N}{w4N} \le 3.5$ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA" $=$ "CHEQUEA"

$hwNorteok4 := \text{if } \frac{2 \cdot w4N}{h4N} \le 2$ "CHEQUEA PARA SISMO" else "NO CHEQUEA PARA SISMO" $=$ "CHEQUEA PARA SISMO"

ESTE

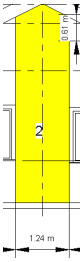
Panel 1. Vista ESTE $h1E := 3.05\ m$ $w1E := 1.02\ m$ $\frac{h1E}{w1E} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w1E}{h1E} = 0.669$



$$hwESTEok1 := \text{if}\left(\frac{h1E}{w1E} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwESTEok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w1E}{h1E} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

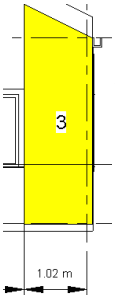
Panel 2. Vista ESTE $h2E := 3.05\ m$ $w2E := 1.24\ m$ $\frac{h2E}{w2E} = 2.46$ $\frac{2 \cdot w2E}{h2E} = 0.813$



$$hwESTEok2 := \text{if}\left(\frac{h2N}{w2N} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwESTEok2 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w2E}{h2E} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

Panel 3. Vista ESTE $h3E := 3.05\ m$ $w3E := 1.02\ m$ $\frac{h3E}{w3E} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w3E}{h3E} = 0.669$

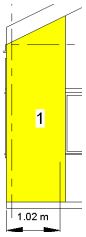


$$hwESTEok3 := \text{if}\left(\frac{h3E}{w3E} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwESTEok3 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3E}{h3E} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

OESTE

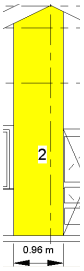
Panel 1. Vista OESTE $h1O := 3.05\ m$ $w1O := 1.02\ m$ $\frac{h1O}{w1O} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w1O}{h1O} = 0.669$



$$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{h1O}{w1O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w1O}{h1O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

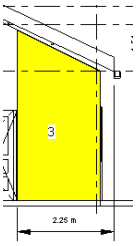
Panel 2. Vista OESTE $h2O := 3.05\ m$ $w2O := 0.96\ m$ $\frac{h2O}{w2O} = 3.177$ $\frac{2 \cdot w2O}{h2O} = 0.63$



$hwOESTEok2 := \text{if}\left(\frac{h2O}{w2O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwOESTEok2 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w2O}{h2O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

Panel 3. Vista OESTE $h3O := 3.05\ m$ $w3O := 2.25\ m$ $\frac{h3O}{w3O} = 1.356$ $\frac{2 \cdot w3O}{h3O} = 1.475$



$hwOESTEok3 := \text{if}\left(\frac{h3O}{w3O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3O}{h3O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

Carga de viento. ASCE 7 Cap 26 y Cap 28. Procedimiento de Envolvente.

$810\ mm = 0.81\ m$

5.2.1.1 Exposición B tiene suelo con edificaciones, bosques o irregularidades superficiales que cubre por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.50 km o más desde el lugar

Factor de direccionalidad del viento Kd. ASCE 7-10 Cap 26. tabla 26.6-1 $Kd := 0.85$ Sistema resistente al viento.

Velocidad promedio del viento en la zona $V := 68.35\ mph = 30.555\ \frac{m}{s}$

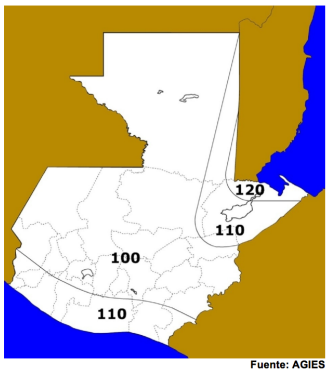
Presión de remanso del viento qs $qs := 573\ \frac{kN}{m^2} = 11967\ psf$

Coeficiente de exposición de velocidad de presión $Kz := 0.70$

Velocity Pressure Exposure Coefficients, K_h and K_z
Table 28.3-1

Height above ground level, z		Exposure		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4.6)	0.70	0.85	1.03
20	(6.1)	0.70	0.90	1.08
25	(7.6)	0.70	0.94	1.12
30	(9.1)	0.70	0.98	1.16
40	(12.2)	0.76	1.04	1.22
50	(15.2)	0.81	1.09	1.27
60	(18)	0.85	1.13	1.31

Figura 5-1



Fuente: AGIES

Factor topográfico Se asume como 1 según sección 26.8.2 porque no cumple con las condiciones de la sección 26.8.1 de ASCE 7-10

$Kzt := 1$

Presión del viento debido a la velocidad

$factor := 0.00256 \ \frac{\frac{psf}{m^2}}{s^2}$

$qz := factor \ Kz \cdot Kzt \cdot Kd \cdot V^2 = 0.068 \ \frac{kN}{m^2}$

Coeficientes de presión interna

$GCpineg := -0.55$

$GCpipos := 0.55$

Clasificación de la estructura según ASCE 7-10 es de una estructura parcialmente cerrada.

Coeficientes de presión externa

$GCpf := -0.48$

Caso de carga B. Se tienen dos coeficientes en la zona de análisis, -0.45 y -0.48. Domina el mayor.

Roof Angle θ (degrees)	LOAD CASE B											
	Building Surface											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0-90	-0.45	-0.69	-0.37	-0.45	0.40	-0.29	-0.48	-1.07	-0.53	-0.48	0.61	-0.43

$P1 := qz \cdot (GCpf - GCpipos) = -0.07 \ \frac{kN}{m^2}$

$P2 := qz \cdot (GCpf - GCpineg) = 0.005 \ \frac{kN}{m^2}$

$Pcalculada := max(P1, P2) = 0.005 \ \frac{kN}{m^2}$

$Pmax := 16 \ psf = 766.084 \ \frac{N}{m^2}$

Utilizar 16 psf (0.766 kN/m2) porque es el mínimo establecido por ASCE 7-10. Cap 28. Sección 28.4.4

Fuerza total de viento ejercida en los paneles Este-Oeste y Norte-Sur

$h := 3.05 \ m$ $x := 11.40 \ m$ $y := 6.20 \ m$ $Atecho := x \cdot y = 70.68 \ m^2$

$PtotalEO := Pmax \cdot \left(\frac{h}{2}\right) \cdot \frac{y}{2} = 3622 \ N$ $PtotalNS := Pmax \cdot \left(\frac{h}{2}\right) \cdot \frac{x}{2} = 6659 \ N$

$wEOtotal := w1E + w2E + w3E + w1O + w2O + w3O = 7.51 \ m$

$wNStotal := w1 + w2 + w3 + w4 + w1N + w2N + w3N + w4N = 11.96 \ m$

TABLE 2306.3
ALLOWABLE SHEAR (POUNDS PER FOOT) FOR WOOD STRUCTURAL PANEL SHEAR WALLS WITH FRAMING OF DOUGLAS FIR-LARCH OR SOUTHERN PINE[a] FOR WIND OR SEISMIC LOADING[b, h, i, j, l]

PANEL GRADE	MINIMUM NOMINAL PANEL THICKNESS (inch)	MINIMUM FASTENER PENETRATION IN FRAMING (inches)	PANELS APPLIED DIRECT TO FRAMING					PANELS APPLIED OVER 1/4" OR 3/8" GYPSUM SHEATHING				
			NAIL (common or galvanized box) or staple size[c]	Fastener spacing at panel edges (inches)				NAIL (common or galvanized box) or staple size[c]	Fastener spacing at panel edges (inches)			
				6	4	3	2[e]		6	4	3	2[e]
Structural I sheathing	3/8	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	230[d]	360[d]	460[d]	610[d]	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	155	235	315	400	2 16 Gage	155	235	310	400
	7/16	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	255[d]	395[d]	505[d]	670[d]	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	170	260	345	440	2 16 Gage	155	235	310	400
	15/32	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	280	430	550	730	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.1218" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	185	280	375	475	2 16 Gage	155	235	300	400
		1 1/2	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	340	510	665[f]	870	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	—	—	—	—
Sheathing, plywood siding[g] except Group 5 Species	5/16[c] or 1/4[c]	1 1/4	6d (2" × 0.113" common, 2" × 0.099" galvanized box)	180	270	350	450	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	180	270	350	450
		1	1 1/2 16 Gage	145	220	295	375	2 16 Gage	110	165	220	285
	5/16[c]	1 1/4	6d (2" × 0.099")	140	210	275	360	8d (2 1/2" × 0.113")	140	210	275	360
	3/8[c]	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.113")	160	240	310	410	10d (3" × 0.128")	160	240	310[f]	410

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m

$\gamma_{Laurel} := 0.38$ Espaciamiento entre elementos verticales de panel: $s := 16 \ in = 406.4 \ mm$

Factor de ajuste de la gravedad específica. (Nota "a" de pie de página IBC 2009 Tabla 2306.3)

$SGAF := 1 - (0.5 - \gamma_{Laurel}) = 0.88$

$SGAFok := \text{if } SGAF \le 1 \text{ “CHEQUEA” else “NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

Capacidad permisible en corte del panel (lbf/ft) $vadm := 230\ \frac{lbf}{ft} = 3.357\ \frac{kN}{m}$

Penetración mínima del conector (plgs) **Conector: 8d**

$penminima := 1 \cdot \frac{3}{8}\ in = 9.525\ mm$

Capacidad en corte

$vcap := vadm \cdot SGAF = 2.954\ \frac{kN}{m}$

Aumento en la capacidad en corte en un 40%. (40% sólo para viento) IBC 2009 Sección 2306.4.1

$vcapaumentada := vcap \cdot 1.4 = 4.135\ \frac{kN}{m}$

Distribución de la fuerza en cada panel Sur

Panel 1. Vista Sur $h1 = 3.05\ m \quad w1 = 0.9\ m \quad wNStotal = 11.96\ m$

$P1sur := \left(\frac{w1}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 273\ N$

Panel 2. Vista Sur $h2 = 3.05\ m \quad w2 = 1.1\ m$

$P2sur := \left(\frac{w2}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 333\ N$

Panel 3. Vista Sur $h3 = 3.05\ m \quad w3 = 2.23\ m$

$P3sur := \left(\frac{w3}{((wNStotal))}\right) \cdot PtotalEO = 675\ N$

Panel 4. Vista Sur $h4 = 3.05\ m \quad w4 = 1.37\ m$

$P4sur := \left(\frac{w4}{((wNStotal))}\right) \cdot PtotalEO = 415\ N$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \quad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \quad voladizo := 0.60\ cm$

$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1 = 2\ kN \quad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2 = 2\ kN$

$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3 = 4\ kN \quad R_{D4} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w4 = 2\ kN$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$CMpared1Sur := CMpared \cdot h1 \cdot w1 = 1\ kN \quad CMpared2Sur := CMpared \cdot h2 \cdot w2 = 2\ kN \quad CMpared3Sur := CMpared \cdot h3 \cdot w3 = 3\ kN$

$CMpared4Sur := CMpared \cdot h4 \cdot w4 = 2\ kN$

Reacciones de los dinteles:

$dintel1sur := 1.66\ m \quad dintel2sur := 1.07\ m \quad dintel3sur := 1.55\ m$

$PD1izqSur := 0\ N$

$PD1derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \frac{dintel1sur}{2} = 1461\ N \quad PD2izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1sur}{2}\right) = 1461\ N$

$PD2derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2sur}{2}\right) = 941\ N \quad PD3izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2sur}{2}\right) = 941\ N$

$$PD3derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3sur}{2}\right) = 1364\ N \qquad PD4izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3sur}{2}\right) = 1364\ N$$

$$PD4derSur := 0\ N$$

Corte de diseño

$$V1sur := \frac{((P1sur))}{w1} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V2sur := \frac{((P2sur))}{w2} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V3sur := \frac{((P3sur))}{w3} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V4sur := \frac{((P4sur))}{w4} = 303\ \frac{N}{m}$$

$$V1surok := \begin{array}{|l} \text{if } V1sur \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V2surok := \begin{array}{|l} \text{if } V2sur \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$V3surok := \begin{array}{|l} \text{if } V3sur \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V4surok := \begin{array}{|l} \text{if } V4sur \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

Momento de volteo paneles SUR: Respecto a punto B.

$$Mvolteo1sur := P1sur \cdot h = 831\ N \cdot m \qquad Mvolteo2sur := P2sur \cdot h = 1016\ N \cdot m \qquad Mvolteo3sur := P3sur \cdot h = 2060\ N \cdot m$$

$$Mvolteo4sur := P4sur \cdot h = 1265\ N \cdot m$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado sur

Momento de reacción panel 1 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr1surB := \left(PD1izqSur \cdot w1\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1}{2}\right) + \left(CMpared1Sur \cdot \frac{w1}{2}\right) = 1304\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr2surB := \left(PD2izqSur \cdot w2\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2}{2}\right) + \left(CMpared2Sur \cdot \frac{w2}{2}\right) = 3555\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr3surB := \left(PD3izqSur \cdot w3\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3}{2}\right) + \left(CMpared3Sur \cdot \frac{w3}{2}\right) = 10106\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr4surB := \left(PD4izqSur \cdot w4\right) + \left(R_{D4} \cdot \frac{w4}{2}\right) + \left(CMpared4Sur \cdot \frac{w4}{2}\right) = 4890\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_1sur := \frac{\left(Mvolteo1sur - \left(0.6 \cdot Mr1surB\right)\right)}{w1} = 54\ N$$

$$T_2sur := \frac{\left(Mvolteo2sur - \left(0.6 \cdot Mr2surB\right)\right)}{w2} = -1015\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_3sur := \frac{\left(Mvolteo3sur - \left(0.6 \cdot Mr3surB\right)\right)}{w3} = -1796\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_4sur := \frac{\left(Mvolteo4sur - \left(0.6 \cdot Mr4surB\right)\right)}{w4} = -1218\ N$$ No hay levantamiento del panel

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado sur

Momento de reacción panel 1 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr1surA := \left(PD1izqSur \cdot w1\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Sur \cdot \frac{w1}{2}\right) = 913\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr2surA := (PD2izqSur \cdot w2) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Sur \cdot \frac{w2}{2}\right) = 2884\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr3surA := (PD3izqSur \cdot w3) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Sur \cdot \frac{w3}{2}\right) = 6528\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr4surA := (PD4izqSur \cdot w4) + \left(R_{D4} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared4Sur \cdot \frac{w4}{2}\right) = 3729\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1sur := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo1sur) + Mr1surA)}{w1} = 1707\ N \qquad C_2sur := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo2sur) + Mr2surA)}{w2} = 3314\ N$$

$$C_3sur := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo3sur) + Mr3surA)}{w3} = 3620\ N \qquad C_4sur := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo4sur) + Mr4surA)}{w4} = 3414\ N$$

Distribución de la fuerza en cada panel Norte

Panel 1. Vista Norte $h1N = 3.05\ m \quad w1N = 1.37\ m$

$$P1norte := \left(\frac{w1N}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 415\ N$$

Panel 2. Vista Norte $h2N = 3.05\ m \quad w2N = 2.24\ m$

$$P2norte := \left(\frac{w2N}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 678\ N$$

Panel 3. Vista Norte $h3N = 3.05\ m \quad w3N = 1.73\ m$

$$P3norte := \left(\frac{w3N}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 524\ N$$

Panel 4. Vista Norte $h4N = 3.05\ m \quad w4N = 1.02\ m$

$$P4norte := \left(\frac{w4N}{(wNStotal)}\right) \cdot PtotalEO = 309\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo := 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1N = 2411\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2N = 3942\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3N = 3044\ N \qquad R_{D4} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w4N = 1795\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Norte := CMpared \cdot h1N \cdot w1N = 2001\ N \qquad CMpared2Norte := CMpared \cdot h2N \cdot w2N = 3271\ N$$

$$CMpared3Norte := CMpared \cdot h3N \cdot w3N = 2526\ N \qquad CMpared4Norte := CMpared \cdot h4N \cdot w4N = 1490\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1norte := 1.66\ m \qquad dintel2norte := 1.05\ m \qquad dintel3norte := 1.33\ m$$

$$PD1izqNorte := 0\ N$$

$$PD1derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1norte}{2}\right) = 1461\ N \qquad PD2izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1norte}{2}\right) = 1461\ N$$

$$PD2derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2norte}{2}\right) = 924\ N \qquad PD3izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2norte}{2}\right) = 924\ N$$

$$PD3derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3norte}{2}\right) = 1170\ N \quad PD4izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3norte}{2}\right) = 1170\ N$$

$$PD4derNorte := 0\ N$$

$$V1norte := \frac{((P1norte))}{w1N} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V2norte := \frac{((P2norte))}{w2N} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V3norte := \frac{((P3norte))}{w3N} = 303\ \frac{N}{m} \qquad V4norte := \frac{((P4norte))}{w4N} = 303\ \frac{N}{m}$$

$$V1norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V1norte \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V2norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V2norte \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$V3norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V3norte \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V4norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V4norte \le vcapaumentada \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

Momento de volteo paneles NORTE: Respecto a punto B.

$$Mvolteo1norte := P1norte \cdot h = 1265\ N \cdot m \qquad Mvolteo2norte := P2norte \cdot h = 2069\ N \cdot m \qquad Mvolteo3norte := P3norte \cdot h = 1598\ N \cdot m$$

$$Mvolteo4norte := P4norte \cdot h = 942\ N \cdot m$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado norte

Momento de reacción panel 1 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr1norteB := (PD1izqNorte \cdot w1N) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1N}{2}\right) + \left(CMpared1Norte \cdot \frac{w1N}{2}\right) = 3022\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr2norteB := (PD2izqNorte \cdot w2N) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2N}{2}\right) + \left(CMpared2Norte \cdot \frac{w2N}{2}\right) = 11350\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr3norteB := (PD3izqNorte \cdot w3N) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3N}{2}\right) + \left(CMpared3Norte \cdot \frac{w3N}{2}\right) = 6417\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr4norteB := (PD4izqNorte \cdot w4N) + \left(R_{D4} \cdot \frac{w4N}{2}\right) + \left(CMpared4Norte \cdot \frac{w4N}{2}\right) = 2869\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1norte} := \frac{(Mvolteo1norte - (0.6 \cdot Mr1norteB))}{w1N} = -400\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_{2norte} := \frac{(Mvolteo2norte - (0.6 \cdot Mr2norteB))}{w2N} = -2117\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_{3norte} := \frac{(Mvolteo3norte - (0.6 \cdot Mr3norteB))}{w3N} = -1302\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_{4norte} := \frac{(Mvolteo4norte - (0.6 \cdot Mr4norteB))}{w4N} = -764\ N$$ No hay levantamiento del panel

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado norte

Momento de reacción panel 1 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr1norteA := (PD1derNorte \cdot w1N) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Norte \cdot \frac{w1N}{2}\right) = 3861\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr2norteA := (PD2derNorte \cdot w2N) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Norte \cdot \frac{w2N}{2}\right) = 6534\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr3norteA := (PD3derNorte \cdot w3N) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Norte \cdot \frac{w3N}{2}\right) = 4829\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr4norteA := (PD4derNorte \cdot w4N) + \left(R_{D4} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared4Norte \cdot \frac{w4N}{2}\right) = 1124\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1norte := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo1norte) + Mr1norteA)}{w1N} = 3511\ N$$

$$C_2norte := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo2norte) + Mr2norteA)}{w2N} = 3610\ N$$

$$C_3norte := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo3norte) + Mr3norteA)}{w3N} = 3484\ N$$

$$C_4norte := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo4norte) + Mr4norteA)}{w4N} = 1795\ N$$

Distribución de la fuerza en cada panel Este

Panel 1. Vista Este $h1E = 3.05\ m$ $w1E = 1.02\ m$

$$P1este := \left(\frac{w1E}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 904\ N$$

Panel 2. Vista Este $h2E = 3.05\ m$ $w2E = 1.24\ m$

$$P2este := \left(\frac{w2E}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 1100\ N$$

Panel 3. Vista Este $h3E = 3.05\ m$ $w3E = 1.02\ m$

$$P3este := \left(\frac{w3E}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 904\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo := 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1E = 1128\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2E = 1371\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3E = 1128\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Este := CMpared \cdot h1E \cdot w1E = 1490\ N \quad CMpared2Este := CMpared \cdot h2E \cdot w2E = 1811\ N \quad CMpared3Este := CMpared \cdot h3E \cdot w3E = 1490\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1este := 1.36\ m \qquad dintel2este := 1.36\ m$$

$$PD1izqEste := 0\ N$$

$$PD1derEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD2izqEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD2derEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD3izqEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD3derEste := 0\ N$$

$$V1este := \frac{(-1 \cdot (P1este))}{w1E} = -887\ \frac{N}{m} \qquad V2este := \frac{(-1 \cdot (P2este))}{w2E} = -887\ \frac{N}{m} \qquad V3este := \frac{(-1 \cdot (P3este))}{w3E} = -887\ \frac{N}{m}$$

$$V1esteok := \text{if } V1este \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

$$V2esteok := \text{if } V2este \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

$$V3esteok := \text{if } V3este \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

Momento de volteo paneles ESTE: Respecto a punto B.

$$Mvolteo1este := P1este \cdot h = 2759\ N \cdot m \qquad Mvolteo2este := P2este \cdot h = 3354\ N \cdot m \qquad Mvolteo3este := P3este \cdot h = 2759\ N \cdot m$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado este

Momento de reacción panel 1 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr1esteB := \left(PD1izqEste \cdot w1E\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1E}{2}\right) + \left(CMpared1Este \cdot \frac{w1E}{2}\right) = 1335\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr2esteB := \left(PD2izqEste \cdot w2E\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2E}{2}\right) + \left(CMpared2Este \cdot \frac{w2E}{2}\right) = 2905\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr3esteB := \left(PD3izqEste \cdot w3E\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3E}{2}\right) + \left(CMpared3Este \cdot \frac{w3E}{2}\right) = 2102\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1este} := \frac{(Mvolteo1este - (0.6 \cdot Mr1esteB))}{w1E} = 1919\ N \qquad T_{2este} := \frac{(Mvolteo2este - (0.6 \cdot Mr2esteB))}{w2E} = 1299\ N$$

$$T_{3este} := \frac{(Mvolteo3este - (0.6 \cdot Mr3esteB))}{w3E} = 1468\ N$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado este

Momento de reacción panel 1 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr1esteA := \left(PD1derEste \cdot w1E\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Este \cdot \frac{w1E}{2}\right) = 1756\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr2esteA := \left(PD2derEste \cdot w2E\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Este \cdot \frac{w2E}{2}\right) = 2334\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr3esteA := \left(PD3derEste \cdot w3E\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Este \cdot \frac{w3E}{2}\right) = 989\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1este := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo1este) + Mr1esteA)}{w1E} = 3750\ N \quad C_2este := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo2este) + Mr2esteA)}{w2E} = 3910\ N$$

$$C_3este := \frac{((0.75 \cdot Mvolteo3este) + Mr3esteA)}{w3E} = 2998\ N$$

Distribución de la fuerza en cada panel Oeste

Panel 1. Vista Oeste $h1O = 3.05\ m$ $w1O = 1.02\ m$

$$P1oeste := \left(\frac{w1O}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 904\ N$$

Panel 2. Vista Oeste $h2O = 3.05\ m$ $w2O = 0.96\ m$

$$P2oeste := \left(\frac{w2O}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 851\ N$$

Panel 3. Vista Oeste $h3O = 3.05\ m$ $w3O = 2.25\ m$

$$P3oeste := \left(\frac{w3O}{(wEOtotal)}\right) \cdot PtotalNS = 1995\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo = 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1O = 1128\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2O = 1061\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3O = 2488\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Oeste := CMpared \cdot h1O \cdot w1O = 1490\ N \quad CMpared2Oeste := CMpared \cdot h2O \cdot w2O = 1402\ N$$

$$CMpared3Oeste := CMpared \cdot h3O \cdot w3O = 3286\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1oeste := 1.26\ m \qquad dintel2oeste := 0.91\ m$$

$$PD1izqOeste := 0\ N$$

$$PD1derOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1oeste}{2}\right) = 697\ N \quad PD2izqOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1oeste}{2}\right) = 697\ N$$

$$PD2derOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2oeste}{2}\right) = 503\ N \quad PD3izqOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2oeste}{2}\right) = 503\ N$$

$$PD3derOeste := 0\ N$$

$$V1oeste := \frac{((P1oeste))}{w1O} = 887\ \frac{N}{m} \qquad V2oeste := \frac{((P2oeste))}{w2O} = 887\ \frac{N}{m} \qquad V3oeste := \frac{((P3oeste))}{w3O} = 887\ \frac{N}{m}$$

$$V1oesteok := \text{if } V1oeste \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

$$V2oesteok := \text{if } V2oeste \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

$$V3oesteok := \text{if } V3oeste \le vcapaumentada \text{ "CHEQUEA" else "NO CHEQUEA"} = \text{"CHEQUEA"}$$

Momento de volteo paneles OESTE: Respecto a punto B.

$Mvolteo1oeste := P1oeste \cdot h = 2759\ N \cdot m$ $Mvolteo2oeste := P2oeste \cdot h = 2596\ N \cdot m$ $Mvolteo3oeste := P3oeste \cdot h = 6085\ N \cdot m$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado oeste

Momento de reacción panel 1 OESTE: Respecto a punto B.

$$Mr1oesteB := \left(PD1izqOeste \cdot w1O\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1O}{2}\right) + \left(CMpared1Oeste \cdot \frac{w1O}{2}\right) = 1335\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 OESTE: Respecto a punto B.

$$Mr2oesteB := \left(PD2izqOeste \cdot w2O\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2O}{2}\right) + \left(CMpared2Oeste \cdot \frac{w2O}{2}\right) = 1851\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 OESTE: Respecto a punto B.

$$Mr3oesteB := \left(PD3izqOeste \cdot w3O\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3O}{2}\right) + \left(CMpared3Oeste \cdot \frac{w3O}{2}\right) = 7627\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1oeste} := \frac{\left(Mvolteo1oeste - \left(0.6 \cdot Mr1oesteB\right)\right)}{w1O} = 1919\ N \qquad T_{2oeste} := \frac{\left(Mvolteo2oeste - \left(0.6 \cdot Mr2oesteB\right)\right)}{w2O} = 1548\ N$$

$$T_{3oeste} := \frac{\left(Mvolteo3oeste - \left(0.6 \cdot Mr3oesteB\right)\right)}{w3O} = 671\ N$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado oeste

Momento de reacción panel 1 OESTE: Respecto a punto A.

$$Mr1oesteA := \left(PD1derOeste \cdot w1O\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Oeste \cdot \frac{w1O}{2}\right) = 1699\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 OESTE: Respecto a punto A.

$$Mr2oesteA := \left(PD2derOeste \cdot w2O\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Oeste \cdot \frac{w2O}{2}\right) = 1372\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr3oesteA := \left(PD3derOeste \cdot w3O\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Oeste \cdot \frac{w3O}{2}\right) = 4202\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1oeste := \frac{\left(\left(0.75 \cdot Mvolteo1oeste\right) + Mr1oesteA\right)}{w1O} = 3694\ N$$

$$C_2oeste := \frac{\left(\left(0.75 \cdot Mvolteo2oeste\right) + Mr2oesteA\right)}{w2O} = 3457\ N$$

$$C_3oeste := \frac{\left(\left(0.75 \cdot Mvolteo3oeste\right) + Mr3oesteA\right)}{w3O} = 3896\ N$$

Diseño y dimensionamiento de puntales verticales de paneles

Anchotributario de cada puntal (espaciamiento entre cada puntal)

$Anchotributario := 16\ in = 0.406\ m$ $CV := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2}$

Área tributaria por puntal paneles NORTE-SUR:

$$areatributaria := \frac{\left(\frac{wNStotal}{2}\right)}{2} \cdot Anchotributario = 1.22\ m^2$$

Carga muerta total en los puntales $CMpuntal := CMpared \cdot areatributaria + CM \cdot Anchotributario \cdot h = 946\ N$

Carga viva total en los puntales $CVpuntal := CV \cdot areatributaria = 582\ N$

Momento máximo generado por la carga de viento en los puntales

$W_{viento} := Pmax \cdot Anchotributario = 311 \ \frac{N}{m}$

$M_w := \frac{\left(W_{viento} \cdot h^2\right)}{8} = 362 \ N \cdot m$

$C1 := CMpuntal = 946 \ N$

$C2 := CMpuntal + CVpuntal = 1528 \ N$

$C3 := CMpuntal + 0 = 946 \ N$

$C4 := CMpuntal + 0.75 \ CVpuntal + 0.75 \cdot 0 = 1383 \ N$

$C5 := CMpuntal + 0.75 \ CVpuntal = 1383 \ N$

$C6 := 0.6 \ CMpuntal + 0 = 568 \ N$

Factor de duración de carga. NDS 2005 . Capítulo 2. Tabla 2.3.2

$CMC_D := 0.9$	Para carga permanente	$CNieveC_D := 1.15$	Para 2 meses	$CVC_D := 1$	Para 10 años
$CConstrucciónC_D := 1.25$	Para 7 días	$CWC_D := 1.6$	Para 10 minutos	$CimpactoC_D := 2$	Para carga de impacto

Combinaciones de carga (ASD) normalizadas con un factor de duración

$\frac{C1}{CMC_D} = 1051 \ N$ $\frac{C2}{CVC_D} = 1528 \ N$ $\frac{C3}{CNieveC_D} = 823 \ N$ $\frac{C4}{CNieveC_D} = 1202 \ N$ $\frac{C5}{CWC_D} = 864 \ N$ $\frac{C6}{CWC_D} = 355 \ N$

$max\left(C1, C2, C3, C4, C5, C6\right) = 1528 \ N$ Por lo tanto domina combinación de carga C2

Momentos normalizados con un factor de duración
(En este caso solo existe momento debido a viento)

$\frac{0.75 \cdot M_w}{CWC_D} = 170 \ N \cdot m$ 0.75 debido a la combinación C5.

$\frac{M_w}{CWC_D} = 226 \ N \cdot m$ con la combinación C6

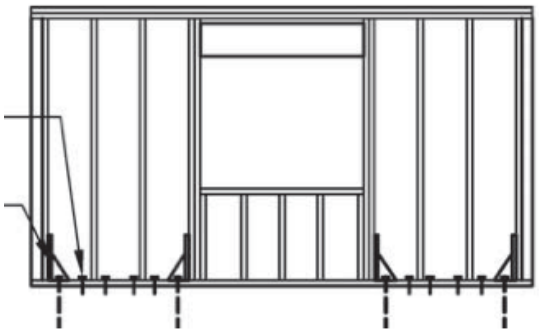
Selección de dimensiones del puntal

$b := 2 \ in = 0.051 \ m$ $h := 4 \ in = 0.102 \ m$ Tabla 1B. Página 14 de suplemento de NDS 2005. Propiedades de las secciones de madera aserrada. $Anchotributario := 16 \ in = 0.406 \ m$ Anchotributario de cada puntal (espaciamiento entre cada puntal)

Configuraciòn estructural del panel

$Areagruesa := 5.25 \ in^2 = 0.003 \ m^2$

$S_x := 3.063 \ in^3 = 0.00005 \ m^3$



$d_x := h - 0.5 \ in$ Dimensiones de la sección perpendicular a cada eje suceptibles al pandeo. $d_x = 8.89 \ cm$

$d_y := b - 0.5 \ in$ $d_y = 3.81 \ cm$

Tabla 4A. Página 31 de sumplemento de NDS. Valores de diseño para cada especie de árbol.

$Fc := 175.34 \frac{N}{mm^2}$ — Esfuerzo de compresión admisible paralelo al grano.

$Fb := 349.53 \frac{N}{mm^2}$ — Esfuerzo flexionante admisible.

$Fperp := 40.68 \frac{kgf}{cm^2} = 4 \frac{N}{mm^2}$ — Esfuerzo de compresión admisible perpendicular al grano.

$Emin := 71.52 \frac{tonf}{cm^2} = 6363 \frac{N}{mm^2}$ — Módulo de elasticidad

$C_F(Fc) := 1.15$ — Factor de tamaño para esfuerzo de compresiòn paralelo al grano. Tabla 4A de NDS 2005. Grado estructural, dimensiones 2"X4"

$C_F(Fb) := 1.5$ — Factor de tamaño para esfuerzo de flexionante. Tabla 4A de NDS 2005. Grado estructural, dimensiones 2"X4"

$C_M(Fc) := 0.8$ — Factor de humedad para esfuerzo de compresión paralelo al grano.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$C_M Fcp := 0.67$ — Factor de humedad para esfuerzo de compresión perpendicular al grano.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$C_M(Emin) := 0.9$ — Factor de humedad para módulo de elasticidad de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$C_M(Fb) := 0.85$ — Factor de humedad para esfuerzo de flexión de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$Ct := 1$ — Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Cr := 1.15$ — Factor de miembros repetitivos. Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.

$C_{fu} := 1$ — Factor de utilización plana. Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones de 2"X4"

$Ci := 1$ — Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$C_L := 1$ — Factor de estabilidad. Es 1 debido a que el puntal está emrbeizado por los paneles para evitar el pandeo lateral torsional en el eje fuerte X-X. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

Chequeo de diseño No.1: Compresión en el área neta. Ocurre en los extremos del puntal.

Se toma la combinación de carga normalizada crítica:

$C2 = 1528\ N$ $\quad$ $CVC_D := 1$

Debido a que los puntales estarán conectados únicamente con clavos, el área neta será igual al área gruesa, ya que no hay pernos de conexión. Por lo tanto:

$Aneta = Areagruesa$ $\quad$ $Areagruesa = 34\ cm^2$

Esfuerzo de compresión axial aplicado en la sección:

$fc := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451 \frac{N}{mm^2}$

$Cp := 1$ Factor de estabilidad de columna. Es 1 debido a que en los extremos no hay pandeo.

$Cdchequeo1 := 1$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C2 y su factor Cd correspondiente es 1.

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

$Fb \cdot C_F(Fb) = 524 \ \frac{N}{mm^2}$ $Fc \cdot C_F(Fc) = 263 \ \frac{N}{mm^2}$ Chequeos de excepciones de Cm por humedad mayor a 19%

$F_c adm := Fc \cdot Cdchequeo1 \cdot C_M(Fc) \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci \cdot Cp = 224 \ \frac{N}{mm^2}$

$Fcok := \text{if } F_c adm > fc \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} \quad = \text{“CHEQUEA”}$

Chequeo de diseño No.2: Compresión en el área gruesa. Ocurre en la parte media del puntal.

Se toma la combinación de carga normalizada crítica:

$C2 = 1528 \ N$ $CVC_D := 1$ $Areagruesa = 0.003 \ m^2$

Esfuerzo de compresión axial aplicado en la sección:

$fcaxial := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451 \ \frac{N}{mm^2}$

$Cdchequeo2 := 1$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C2 y su factor Cd correspondiente es 1.

Esfuerzo de compresión axial perpendicular al grano aplicado en la reglilla.

$fcperp := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451 \ \frac{N}{mm^2}$ $h1 = 3.05 \ m$

Longitud no embreizada eje X-X $l_{xx} := 3.05 \ m$ La longitud no embreizada del puntal respecto al eje X-X es 3.05 m debido a que no existen elementos intermedios en los puntales que lo embreicen

Longitud no embreizada eje Y-Y $l_{yy} := 0 \ m$ La longitud no embreizada del puntal respecto al eje Y-Y es 0 m debido a que está totalmente cubierto por el recubrimiento del panel.

Factor de longitud efectiva: se asume k=1 debido a que están simplemente soportados en sus extremos.

$K_e := 1$ Para ambos ejes.

$l_{exx} := K_e \cdot l_{xx} = 3.05 \ m$ $l_{eyy} := K_e \cdot l_{yy} = 0 \ m$

Relaciòn de esbeltez:

$\frac{l_{exx}}{d_x} = 34.308$

$l_{exx}ok := \text{if } \frac{l_{exx}}{d_x} < 50 \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} \quad = \text{“CHEQUEA”}$

$\frac{l_{eyy}}{d_y} = 0$

$l_{eyy}ok := \text{if } \frac{l_{eyy}}{d_y} < 50 \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} \quad = \text{“CHEQUEA”}$

$max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right) = 34.308$ controla el eje X-X ya que tiene la relación de esbeltez más grande.

Módulo de elasticidad de pandeo mínimo admisible:

$C_M(Emin) := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$$Eminadm := Emin \cdot C_M(Emin) \cdot Ct \cdot Ci = 5726 \ \frac{N}{mm^2}$$

Factor de interacción: $c := 0.8$ 0.8 para madera aserrada

Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil:

$$F_{cE} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

Fuerza de aplastamiento en el puntal cuando la esbeltez es igual a cero

$$Faplastamiento := Fc \cdot Cdchequeo2 \cdot C_M Fcp \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci = 176 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{F_{cE}}{Faplastamiento} = 0.023$$

Factor de estabilidad del puntal para este chequeo:

$$C_P := \frac{\left(1 + \frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c} - \sqrt{\left(\frac{\left(1 + \frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c}\right)^2 - \frac{\left(\frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{c}} = 0.023$$

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

$$F_c adm := Faplastamiento \cdot C_P = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fcok := \text{if } F_c adm > fcaxial \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano:

$$F_c adm := Fperp \cdot C_M Fcp \cdot Ct \cdot Ci = 3 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fcok := \text{if } F_c adm > fcperp \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Chequeo de diseño No.3: Flexión.Ocurre en la parte media del puntal. Se genera un momento flexionante debido a la carga de viento.

Se toma la combinación de momento normalizada crítica:

$M_w = 362 \ N \cdot m$

$Cdchequeo3 := 1.6$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C6 y su factor Cd correspondiente es 1.6.

$C6 = 568 \ N$

Esfuerzo de compresión en el puntal:

$$f_{bc} := \frac{M_w}{S_x} = 7 \ \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo admisible de flexión:

$$Fadmflexióncheq3 := Fb \cdot Cdchequeo3 \cdot C_M(Fb) \cdot Ct \cdot C_L \cdot C_F(Fb) \cdot Ci \cdot Cr \cdot C_{fu} = 868 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fbok := \text{if } Fadmflexióncheq3 > f_{bc} \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Chequeo de diseño No.4: Flexo-compresión.Ocurre en la parte media del puntal.

Se consideran las combianciones de carga máxima que a su vez generen momento. Factor Cd correspondiente a las cargas máximas. Por lo tanto:

$C5 = 1383\ N$ $0.75\ M_w = 272\ m \cdot N$ $C5\left(C_D\right) := 1.6$ $C6 = 568\ N$ $C6\left(C_D\right) := 1.6$ $M_w = 362\ N \cdot m$

Análisis individual de ambos casos de carga para determinar el más crítico:

Combinación C5: Esfuerzo de flexión. El viento causa flexión respecto al eje X-X en los puntales.

$$fbx := \frac{0.75\ M_w}{S_x} = 5\ \frac{N}{mm^2}$$

Compresión axial aplicada a la sección media del puntal: $fcaxial = 0.451\ \frac{N}{mm^2}$

$Ct = 1$ $Ci = 1$ $C_L = 1$ $C_L = 1$ $C_D := 1.6$ $C_F(Fc) = 1.5$ $Cr = 1.15$ $C_{fu} = 1$

Esfuerzo admisible de flexión:

$$Fadmflexión := Fb \cdot C_D \cdot C_M(Fb) \cdot Ct \cdot C_L \cdot C_F(Fb) \cdot Ci \cdot Cr \cdot C_{fu} = 868\ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fbok := \text{if } Fadmflexión > fbx \mid = \text{“CHEQUEA”}$$
$$\quad \text{“CHEQUEA”}$$
$$\text{else}$$
$$\quad \text{“NO CHEQUEA”}$$

Fuerza de aplastamiento en la columna cuando la esbeltez es igual a cero

$$Faplastamiento := Fc \cdot C_D \cdot C_M(Fc) \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci = 379\ \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil:

$$F_{cEmax} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento} = 0.011$$

Factor de estabilidad del puntal para este chequeo:

$$C_P := \frac{\left(1 + \frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c} - \sqrt[2]{\left(\frac{\left(1 + \frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c}\right)^2 - \frac{\left(\frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{c}} = 0.011$$

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

$$F_c adm := Faplastamiento \cdot C_P = 4\ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fcok := \text{if } F_c adm > fcaxial \mid = \text{“CHEQUEA”}$$
$$\quad \text{“CHEQUEA”}$$
$$\text{else}$$
$$\quad \text{“NO CHEQUEA”}$$

Esfuerzo crítico de Euler en el eje X-X (el eje x-x es el eje respecto al cual el puntal se flexiona)

$$F_{cEx} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4\ \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación de interacción Flexo-Compresión:

$$\left(\frac{fcaxial}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1 - \frac{fcaxial}{F_{cEx}}} = 0.02$$

$$FC := \text{if } \left(\frac{fcaxial}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1 - \frac{fcaxial}{F_{cEx}}} < 1 \mid = \text{“CHEQUEA”}$$
$$\quad \text{“CHEQUEA”}$$
$$\text{else}$$
$$\quad \text{“NO CHEQUEA”}$$

Combinación C6:

$Comb6 := 0.6\ CMpuntal + 0 = 568\ N$ $C6\left(C_D\right) := 1.6$ $M_w = 362\ N \cdot m$

Esfuerzo de flexión

$fbx := \frac{M_w}{S_x} = 7\ \frac{N}{mm^2}$

Esfuerzo de compresión axial

$fc := \frac{Comb6}{Areagruesa} = 0.168\ \frac{N}{mm^2}$

Ecuación de interacción Flexo-Compresión:

$$\left(\frac{fc}{F_c adm}\right)^2 + \frac{fbx}{\frac{Fadmflexión}{1 - \frac{fc}{F_{cEx}}}} = 0.01$$

$$FC := \text{if}\left(\left(\frac{fc}{F_c adm}\right)^2 + \frac{fbx}{\frac{Fadmflexión}{1 - \frac{fc}{F_{cEx}}}} < 1 \,\middle\|\, \text{“CHEQUEA”} \,\middle\|\, \text{else} \,\middle\|\, \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

Diseño sismo-resistente de paneles

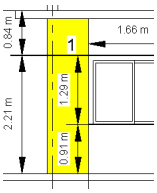
Utilizando el método de enfoque segmentado.

Determinación de radios de diseño de los paneles. Sección 2305.3.4 IBC 2009.

SUR

Panel 1. Vista Sur $h1 := 3.05\ m$ $w1 := 0.90\ m$

$\frac{h1}{w1} = 3.389$ $\frac{2 \cdot w1}{h1} = 0.59$

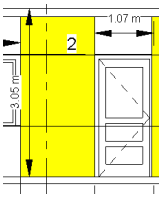


$$hwok1 := \text{if}\left(\frac{h1}{w1} \le 3.5 \,\middle\|\, \text{“CHEQUEA”} \,\middle\|\, \text{else} \,\middle\|\, \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w1}{h1} \le 2 \,\middle\|\, \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \,\middle\|\, \text{else} \,\middle\|\, \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

Panel 2. Vista Sur $h2 := 3.05\ m$ $w2 := 1.10\ m$

$\frac{h2}{w2} = 2.773$ $\frac{2 \cdot w2}{h2} = 0.721$

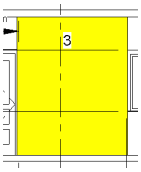


$$hwok2 := \text{if}\left(\frac{h2}{w2} \le 3.5 \,\middle\|\, \text{“CHEQUEA”} \,\middle\|\, \text{else} \,\middle\|\, \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

$$hwok2 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w2}{h2} \le 2 \,\middle\|\, \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \,\middle\|\, \text{else} \,\middle\|\, \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

Panel 3. Vista Sur $h3 := 3.05\ m$ $w3 := 2.23\ m$

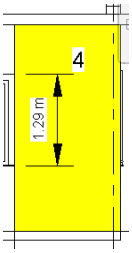
$\frac{h3}{w3} = 1.368$ $\frac{2 \cdot w3}{h3} = 1.462$



$$hwok3 := \text{if}\left(\frac{h3}{w3} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”} \qquad hwok3 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3}{h3} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

Panel 4. Vista Sur $h4 := 3.05\ m$ $w4 := 1.37\ m$

$$\frac{h4}{w4} = 2.226 \qquad \frac{2 \cdot w4}{h4} = 0.898$$

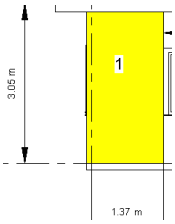


$$hwok4 := \text{if}\left(\frac{h4}{w4} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”} \qquad hwok4 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w4}{h4} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$

NORTE

Panel 1. Vista Norte $h1N := 3.05\ m$ $w1N := 1.37\ m$

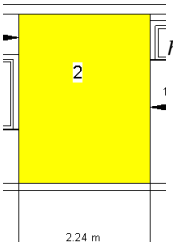
$$\frac{h1N}{w1N} = 2.226 \qquad \frac{2 \cdot w1N}{h1N} = 0.898 \qquad hwNorteok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w1N}{h1N} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$



$$hwNorteok1 := \text{if}\left(\frac{h1N}{w1N} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

Panel 2. Vista Norte $h2N := 3.05\ m$ $w2N := 2.24\ m$

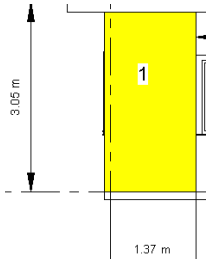
$$\frac{h2N}{w2N} = 1.362 \qquad \frac{2 \cdot w2N}{h2N} = 1.469 \qquad hwNorteok2 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w2N}{h2N} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$



$$hwNorteok2 := \text{if}\left(\frac{h2N}{w2N} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

Panel 3. Vista Norte $h3N := 3.05\ m$ $w3N := 1.73\ m$

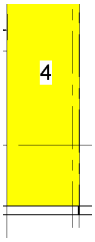
$$\frac{h3N}{w3N} = 1.763 \qquad \frac{2 \cdot w3N}{h3N} = 1.134 \qquad hwNorteok3 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3N}{h3N} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$$



$hwNorteok3 := \text{if}\ \frac{h3N}{w3N} \le 3.5 \left\| \text{“CHEQUEA”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA”} \right.$ $\text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”} \right.$

Panel 4. Vista Norte $h4N := 3.05\ m$ $w4N := 1.02\ m$

$\frac{h4N}{w4N} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w4N}{h4N} = 0.669$



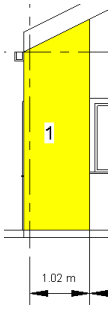
$hwNorteok4 := \text{if}\ \frac{h4N}{w4N} \le 3.5 \left\| \text{“CHEQUEA”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA”} \right.$

$hwNorteok4 := \text{if}\ \frac{2 \cdot w4N}{h4N} \le 2 \left\| \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right.$

ESTE

Panel 1. Vista ESTE $h1E := 3.05\ m$ $w1E := 1.02\ m$

$\frac{h1E}{w1E} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w1E}{h1E} = 0.669$

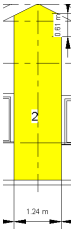


$hwESTEok1 := \text{if}\ \frac{h1E}{w1E} \le 3.5 \left\| \text{“CHEQUEA”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA”} \right.$

$hwESTEok1 := \text{if}\ \frac{2 \cdot w1E}{h1E} \le 2 \left\| \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right.$

Panel 2. Vista ESTE $h2E := 3.05\ m$ $w2E := 1.24\ m$

$\frac{2 \cdot w2E}{h2E} = 0.813$ $\frac{h2E}{w2E} = 2.46$

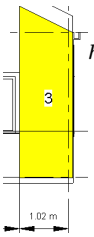


$hwESTEok2 := \text{if}\ \frac{h2N}{w2N} \le 3.5 \left\| \text{“CHEQUEA”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA”} \right.$

$hwESTEok2 := \text{if}\ \frac{2 \cdot w2E}{h2E} \le 2 \left\| \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \text{else} \left\| \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”} \right. \left| = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”} \right.$

Panel 3. Vista ESTE $h3E := 3.05\ m$ $w3E := 1.02\ m$

$\frac{h3E}{w3E} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w3E}{h3E} = 0.669$



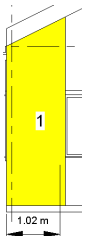
$hwESTEok3 := \text{if}\left(\frac{h3E}{w3E} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwESTEok3 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3E}{h3E} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

OESTE

Panel 1. Vista OESTE $h1O := 3.05\ m$ $w1O := 1.02\ m$

$\frac{h1O}{w1O} = 2.99$ $\frac{2 \cdot w1O}{h1O} = 0.669$

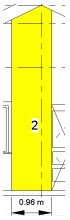


$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{h1O}{w1O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w1O}{h1O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

Panel 2. Vista OESTE $h2O := 3.05\ m$ $w2O := 0.96\ m$

$\frac{h2O}{w2O} = 3.177$ $\frac{2 \cdot w2O}{h2O} = 0.63$

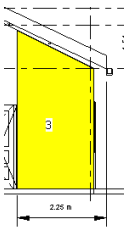


$hwOESTEok2 := \text{if}\left(\frac{h2O}{w2O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwOESTEok2 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w2O}{h2O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

Panel 3. Vista OESTE $h3O := 3.05\ m$ $w3O := 2.25\ m$

$\frac{2 \cdot w3O}{h3O} = 1.475$ $\frac{h3O}{w3O} = 1.356$



$hwOESTEok3 := \text{if}\left(\frac{h3O}{w3O} \le 3.5,\ \text{“CHEQUEA”},\ \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$

$hwOESTEok1 := \text{if}\left(\frac{2 \cdot w3O}{h3O} \le 2,\ \text{“CHEQUEA PARA SISMO”},\ \text{“NO CHEQUEA PARA SISMO”}\right) = \text{“CHEQUEA PARA SISMO”}$

Espectro sismico

Parámetros de aceleración del sitio

Tipo de suelo: D Tabla 4-4 NSE 10-2 Página 21. **Ubicación: Morales Izabal.**

Parámetros de aceleración de sitio: Capítulo 4. NSE 10-2. Anexo A

$Ss := 1.30$ Ordenada espectral de período corto del sismo extremo.

$S1 := 0.50$ Ordenada espectral de período de 1 segundo del sismo extremo.

Clasificación de obra: Ordinaria. Capítulo 3. NSE 10-1 Página 7.

Coeficiente de Sitio para periodos de vibración cortos: ASCE 7-10. Capítulo 11. Tabla 11.4.1

$Fa := 1$

Coeficiente de Sitio para periodos de vibración largos: ASCE 7-10. Capítulo 11. Tabla 11.4.2

$Fv := 1.5$

Parámetros de aceleración espectral: ASCE 7-10. Capítulo 11. Sección 11.4.3

$S_{MS} := Fa \cdot Ss = 1.3$ Respuesta de aceleración espectral para períodos cortos para sismo extremo.

$S_{M1} := Fv \cdot S1 = 0.75$ Respuesta de aceleración espectral para períodos largos para sismo extremo.

Parámetros de aceleración de diseño: ASCE 7-10. Capítulo 11. Sección 11.4.4

$S_{DS} := \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = 0.867$ Respuesta de aceleración espectral para períodos largos para sismo.

$S_{D1} := \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = 0.5$ Respuesta de aceleración espectral para períodos largos para sismo.

Categoría de Riesgo: II ASCE 7-10. Capítulo 1. Sección 1.5.1 $Ie := 1$

Categoría de Diseño sísmico: D ASCE 7-10. Capítulo 11. Sección 11.6

Sistema de resistencia lateral: ASCE 7-10. Capítulo 12. Tabla 12.2-1

Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte. No.15

Dirección x:

$C_{dx} := 4$

$Rx := 6.5$ Coeficiente de modificación de respuesta.

$\Omega_{ox} := 3$ Factor de resistencia. Nota: Según ASCE 7-10 se puede sustraer el 1/2 del factor cuando este es igual o mayor a 2.5

Dirección y: $C_{dy} := 4$

$Ry := 6.5$ Coeficiente de modificación de respuesta.

$\Omega_{oy} := 3$ Factor de resistencia. Nota: Según ASCE 7-10 se puede sustraer el 1/2 del factor cuando este es igual o mayor a 2.5

Integración de peso sísmico

Losa:

$arealosa := 63.29\ m^2$ $Wlosa := 46\ psf = 2202\ \frac{N}{m^2}$ $total := 1$

$Plosa := arealosa \cdot Wlosa \cdot total = 139\ kN$

Vigas secundarias:

$\gamma_{madera} := 41\ \frac{lbf}{ft^3} = 657\ \frac{kgf}{m^3}$ Tabla C3-2 ASCE 7-10 $LongitudVS := 1.10\ m$

$areaVStransversal := 1.5\ in \cdot 3\ in = 5\ in^2$ $areaVStransversal = 0.003\ m^2$ $total := 52$

$PesoVSpormt := \left(\gamma_{madera} \cdot areaVStransversal\right) = 19\ \frac{N}{m}$ $PesoVS := \gamma_{madera} \cdot areaVStransversal \cdot LongitudVS \cdot total = 1\ kN$

Vigas principales:

$LongitudVP := 3\ m = 10\ ft \qquad total := 20$

$areaVPtransversal := 2.5\ in \cdot 5.5\ in = 14\ in^2 \qquad areaVPtransversal = 0.009\ m^2$

$PesoVPpormt := \gamma_{madera} \cdot areaVPtransversal = 57\ \frac{N}{m} \qquad PesoVP := \gamma_{madera} \cdot areaVPtransversal \cdot LongitudVP \cdot total = 3\ kN$

Puntales en paneles:

$L := 3\ m \quad b := 2\ in = 0.051\ m \quad h := 4\ in = 0.102\ m \quad S := 16\ in = 0.406\ m$

$areatransversal := b \cdot h = 0.005\ m^2$

$w1S := 0.90\ m \quad w2S := 1.10\ m \quad w3S := 2.23\ m \quad w4S := 1.37\ m$ Dimensión paneles sur

$w1N := 1.37\ m \quad w2N := 2.24\ m \quad w3N := 1.73\ m \quad w4N := 1.02\ m$ Dimensión paneles norte

$w1E := 1.02\ m \quad w2E := 1.24\ m \quad w3E := 1.02\ m$ Dimensión paneles este

$w1O := 1.02\ m \quad w2O := 0.96\ m \quad w3O := 2.25\ m$ Dimensión paneles oeste

$$cantidadtotalpuntales := \frac{w1S}{S} + \frac{w2S}{S} + \frac{w3S}{S} + \frac{w4S}{S} + \frac{w1N}{S} + \frac{w2N}{S} + \frac{w3N}{S} + \frac{w4N}{S} + 8$$

$$cantidadtotal2puntales := \frac{w1E}{S} + \frac{w2E}{S} + \frac{w3E}{S} + \frac{w1O}{S} + \frac{w2O}{S} + \frac{w3O}{S} + 6$$

$totalpuntales := cantidadtotalpuntales + cantidadtotal2puntales = 62$

$PesoPuntales := \gamma_{madera} \cdot areatransversal \cdot L \cdot totalpuntales = 6\ kN \qquad PesoPuntalespormt := \gamma_{madera} \cdot areatransversal = 33\ \frac{N}{m}$

$Pesototal := Plosa + PesoVS + PesoVP + PesoPuntales = 150\ kN$

Porcentaje que aporta cada elmento al peso total de la estructura:

$$\frac{Plosa}{Pesototal} \cdot 100 = 93 \quad \frac{PesoVS}{Pesototal} \cdot 100 = 1 \quad \frac{PesoPuntales}{Pesototal} \cdot 100 = 4 \quad \frac{PesoVP}{Pesototal} \cdot 100 = 2$$

$CV := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad arealosa = 63\ m^2$

$W_{LL} := CV \cdot arealosa = 30\ kN$ Peso debido carga viva

$Ws := Pesototal + (0.25 \cdot W_{LL}) = 158\ kN$ Peso efectivo sísmico de la estructura. 100% carga muerta y 25% carga viva.

Distribución de la carga sísmica dirección Este-Oeste (X):

$Cu := 1.4$ Tabla 12.8-1 ASCE 7-10. $h := 3.05\ m$ $factor := \frac{1}{m^{\frac{3}{4}}} \cdot s$

$ct := 0.0488$ Tabla 12.8-2 ASCE 7-10. $x := 0.75$ Tabla 12.8-2 ASCE 7-10.

$Ta := ct \cdot h^x \cdot factor = 0.046\ m$

$T := Cu \cdot Ta = 0.064\ m$ PERÍODO DE VIBRACIÓN APROXIMADO DE LA ESTRUCTURA. Se permite aproximar el período fundamental de la estructura ya que no es mayor a 12 niveles según lo dicta la ASCE 7-10 en la sección 11.2.

$k1 := 1\ s \qquad k2 := 2\ s \qquad k3 := \frac{T - 0.5\ s}{2\ s} + 1 \qquad \Sigma Ws := Ws$

$$SelecciónK := \begin{cases} k1 & \text{if } T < 0.5\ s \\ k2 & \text{else if } T > 2.5\ s \\ k3 & \text{else} \end{cases} = 0\ m$$

$$Ws \cdot h^{SelecciónK} = 248\ \frac{1}{m^{\frac{371}{625}}} \cdot kN \cdot m$$

$$\Sigma Ws \cdot h^{SelecciónK} = 248 \frac{m^{\frac{1}{625}}}{m^{\frac{371}{625}}} \cdot kN \cdot m$$

$Cv := \frac{Ws \cdot h^{SelecciónK}}{\Sigma Ws \cdot h^{SelecciónK}} = 1$ Factor de distribución vertical de sismo

$C_s := \frac{S_{DS}}{\left(\frac{Rx}{Ie}\right)} = 0.133$ Coeficiente de respuesta sísmica calculado

Valores límite de coeficientes de respuesta sísmica: ASCE 10-12.8-3

$T_L := 8\ s$ Valor estándar en toda la República de Guatemala.

$factor := \frac{s}{1}$ $S_{D1} = 0.5$ $T = 0.064\ m$

$Cs1 := \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{Rx}{Ie}\right)} \cdot factor = 0.488$ $Cs2 := \frac{\langle S_{D1} \cdot T_L \rangle}{T^2 \cdot \left(\frac{Rx}{Ie}\right)} \cdot factor = 24.751$ $Cs3 := 0.044\ S_{DS} \cdot Ie = 0.038$

$SelecciónCs := \begin{cases} \text{if } C_s \le Cs3 \\ \quad \| Cs3 \\ \text{else if } C_s > Cs1 \\ \quad \| Cs1 \\ \text{else} \\ \quad \| C_s \end{cases} = 0.133$

Corte basal en dirección Este-Oeste (X):

$V_x := SelecciónCs \cdot \Sigma Ws = 21\ kN$

Corte basal en dirección Este-Oeste (X) por marco: (son 3 paneles los que resistirán el corte basal del simo)

$V_{marco}X := \frac{V_x}{3} = 7\ kN$

Distribución de la carga sísmica dirección Norte-Sur (Y):

$Cu := 1.4$ Tabla 12.8-1 ASCE 7-10. $ct := 0.0488$ Tabla 12.8-2 ASCE 7-10.

$x := 0.75$ Tabla 12.8-2 ASCE 7-10.

$h := 3.05\ m$ $factor := \frac{1}{m} \cdot s$

$Ta := ct \cdot h \cdot factor = 0.06\ \frac{m}{s} \cdot s$

$T := Cu \cdot Ta = 0.085\ m$ PERÍODO DE VIBRACIÓN APROXIMADO DE LA ESTRUCTURA.

$k1 := 1\ s$ $k2 := 2\ s$ $k3 := \frac{T - 0.5\ s}{2\ s} + 1$

$SelecciónK := \begin{cases} \text{if } T < 0.5\ s \\ \quad \| k1 \\ \text{else if } T > 2.5\ s \\ \quad \| k2 \\ \text{else} \\ \quad \| k3 \end{cases} = 0.41\ m$

$\Sigma Ws := Ws$

$Ws \cdot h^{SelecciónK} = 248\ \frac{1}{\frac{371}{625}} \cdot kN \cdot m$

$\Sigma Ws \cdot h^{SelecciónK} = 248 \frac{m^{\frac{1}{625}}}{m^{\frac{371}{625}}} \cdot kN \cdot m$

$Cv := \frac{Ws \cdot h^{SelecciónK}}{\Sigma Ws \cdot h^{SelecciónK}} = 1$ Factor de distribución vertical de sismo $C_s := \frac{S_{DS}}{\left(\frac{Ry}{Ie}\right)} = 0.133$ Coeficiente de respuesta sísmica calculado

Valores límite de coeficientes de respuesta sísmica: ASCE 10-12.8-3

$T_L := 8\ s$ Valor estándar en toda la República de Guatemala. $factor := \frac{s}{1}$

$Cs1 := \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{Ry}{}\right)} \cdot factor = 0.369$ $Cs2 := \frac{\langle S_{D1} \cdot T_L \rangle}{T^2 \cdot \left(\frac{Ry}{}\right)} \cdot factor = 14$ $Cs3 := 0.044\ S_{DS} \cdot Ie = 0.038$

$\left(Ie\right)$ $\left(Ie\right)$

$$SelecciónCs := \begin{cases} Cs3 & \text{if } C_s \le Cs3 \\ Cs3 & \text{else if } C_s > Cs1 \\ Cs1 & \text{else} \\ C_s \end{cases} = 0.133$$

Corte basal en dirección Norte-Sur (Y):

$V_y := SelecciónCs \cdot \Sigma Ws = 21\ kN$

Corte basal en dirección Norte-Sur (Y) por marco: (son 3 paneles los que resistirán el corte basal del simo)

$V_{marco}Y := \frac{V_y}{3} = 7\ kN$

$wEOtotal := w1E + w2E + w3E + w1O + w2O + w3O = 8\ m$

$wNStotal := w1 + w2 + w3 + w4 + w1N + w2N + w3N + w4N = 12\ m$

TABLE 2306.3
ALLOWABLE SHEAR (POUNDS PER FOOT) FOR WOOD STRUCTURAL PANEL SHEAR WALLS WITH FRAMING OF DOUGLAS FIR-LARCH OR SOUTHERN PINE[a] FOR WIND OR SEISMIC LOADING[b, h, i, j, l]

PANEL GRADE	MINIMUM NOMINAL PANEL THICKNESS (inch)	MINIMUM FASTENER PENETRATION IN FRAMING (inches)	PANELS APPLIED DIRECT TO FRAMING					PANELS APPLIED OVER 7/16" OR 1/2" GYPSUM SHEATHING				
			NAIL (common or galvanized box) or staple size[c]	Fastener spacing at panel edges (inches) 6	4	3	2[e]	NAIL (common or galvanized box) or staple size[c]	Fastener spacing at panel edges (inches) 6	4	3	2[e]
Structural I sheathing	3/8	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	230[d]	360[d]	460[d]	610[d]	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	155	235	315	400	2 16 Gage	155	235	310	400
	7/16	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	255[d]	395[d]	505[d]	670[d]	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	170	260	345	440	2 16 Gage	155	235	310	400
	15/32	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	280	430	550	730	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.1218" galvanized box)	280	430	550[f]	730
		1	1 1/2 16 Gage	185	280	375	475	2 16 Gage	155	235	300	400
		1 1/2	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	340	510	665[f]	870	10d (3" × 0.148" common, 3" × 0.128" galvanized box)	—	—	—	—
Sheathing, plywood siding[g] except Group 5 Species	5/16[c] or 1/4[c]	1 1/4	6d (2" × 0.113" common, 2" × 0.099" galvanized box)	180	270	350	450	8d (2 1/2" × 0.131" common, 2 1/2" × 0.113" galvanized box)	180	270	350	450
		1	1 1/2 16 Gage	145	220	295	375	2 16 Gage	110	165	220	285
	5/16[c]	1 1/4	6d (2" × 0.099")	140	210	275	360	8d (2 1/2" × 0.113")	140	210	275	360
	3/8[c]	1 3/8	8d (2 1/2" × 0.113")	160	240	310	410	10d (3" × 0.128")	160	240	310[f]	410

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

$\gamma_{Laurel} := 0.36$

Espaciamiento entre elementos verticales de panel: $s := 16\ in = 406.4\ mm$

Factor de ajuste de la gravedad específica.(Nota "a" de pie de página IBC 2009 Tabla 2306.3):

$SGAF := 1 - \left(0.5 - \gamma_{Laurel}\right) = 0.86$

$$SGAFok := \begin{cases} \text{“CHEQUEA”} & \text{if } SGAF \le 1 \\ \text{“NO CHEQUEA”} & \text{else} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$$

Capacidad permisible en corte del panel (lbf/ft)/(N/m)

$vadm := 230\ \frac{lbf}{ft} = 3357\ \frac{N}{m}$

Penetración mínima del conector (plgs)

$penminima := 1 \cdot \frac{3}{8}\ in = 9.525\ mm$

Conector: 8d

Capacidad en corte

$vcap := vadm \cdot SGAF = 2887\ \frac{N}{m}$

Distribución de la fuerza en cada panel Sur

Distribución de la fuerza en cada panel Sur

Panel 1. Vista Sur $h1 = 3\ m \quad w1 = 0.9\ m \quad wNStotal = 12\ m$

$$P1sur := \left(\frac{w1}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 527\ N$$

Panel 3. Vista Sur $h3 = 3\ m \quad w3 = 2.23\ m$

$$P3sur := \left(\frac{w3}{((wNStotal))}\right) \cdot V_{marco}X = 1306\ N$$

Panel 2. Vista Sur $h2 = 3\ m \quad w2 = 1.1\ m$

$$P2sur := \left(\frac{w2}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 644\ N$$

Panel 4. Vista Sur $h4 = 3\ m \quad w4 = 1\ m$

$$P4sur := \left(\frac{w4}{((wNStotal))}\right) \cdot V_{marco}X = 803\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo := 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1 = 1584\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2 = 1936\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3 = 3924\ N \qquad R_{D4} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w4 = 2411\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Sur := CMpared \cdot h1 \cdot w1 = 1314\ N \qquad CMpared2Sur := CMpared \cdot h2 \cdot w2 = 1606\ N$$

$$CMpared3Sur := CMpared \cdot h3 \cdot w3 = 3257\ N \qquad CMpared4Sur := CMpared \cdot h4 \cdot w4 = 2001\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1sur := 1.66\ m \qquad dintel2sur := 1.07\ m \qquad dintel3sur := 1.55\ m$$

$$PD1izqSur := 0\ N$$

$$PD1derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \frac{dintel1sur}{2} = 1461\ N \qquad PD2izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1sur}{2}\right) = 1461\ N$$

$$PD2derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2sur}{2}\right) = 941\ N \qquad PD3derSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3sur}{2}\right) = 1364\ N$$

$$PD3izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2sur}{2}\right) = 941\ N \qquad PD4izqSur := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3sur}{2}\right) = 1364\ N$$

$$PD4derSur := 0\ N$$

Corte de diseño

$$V1sur := \frac{((P1sur))}{w1} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V2sur := \frac{((P2sur))}{w2} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V3sur := \frac{((P3sur))}{w3} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V4sur := \frac{((P4sur))}{w4} = 586\ \frac{N}{m}$$

$$V1surok := \begin{array}{|l} \text{if } V1sur \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V2surok := \begin{array}{|l} \text{if } V2sur \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$V3surok := \begin{array}{|l} \text{if } V3sur \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V4surok := \begin{array}{|l} \text{if } V4sur \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

Momento de volteo paneles SUR: Respecto a punto B.

$Mvolteo1sur := P1sur \cdot h = 1608\ N \cdot m$ $Mvolteo2sur := P2sur \cdot h = 1965\ N \cdot m$ $Mvolteo3sur := P3sur \cdot h = 3984\ N \cdot m$

$Mvolteo4sur := P4sur \cdot h = 2448\ N \cdot m$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado sur

Momento de reacción panel 1 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr1surB := (PD1izqSur \cdot w1) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1}{2}\right) + \left(CMpared1Sur \cdot \frac{w1}{2}\right) = 1304\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr2surB := (PD2izqSur \cdot w2) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2}{2}\right) + \left(CMpared2Sur \cdot \frac{w2}{2}\right) = 3555\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr3surB := (PD3izqSur \cdot w3) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3}{2}\right) + \left(CMpared3Sur \cdot \frac{w3}{2}\right) = 10106\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 SUR: Respecto a punto B.

$$Mr4surB := (PD4izqSur \cdot w4) + \left(R_{D4} \cdot \frac{w4}{2}\right) + \left(CMpared4Sur \cdot \frac{w4}{2}\right) = 4890\ N \cdot m$$

$\rho_{ox} := 1.3$ Factor de redundancia sismica. $V_{marco}X = 7006\ N$ $S_{DS} = 0.867$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_1sur := \frac{(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot (Mvolteo1sur)) - (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr1surB}{w1} = 932\ N$$

$$T_2sur := \frac{(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2sur) - (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr2surB}{w2} = 79\ N$$

$$T_3sur := \frac{(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3sur) - (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr3surB}{w3} = -543\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_4sur := \frac{(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo4sur) - (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot (Mr4surB)}{w4} = -83\ N$$ No hay levantamiento del panel

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado sur

Momento de reacción panel 1 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr1surA := (PD1izqSur \cdot w1) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Sur \cdot \frac{w1}{2}\right) = 913\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr2surA := (PD2izqSur \cdot w2) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Sur \cdot \frac{w2}{2}\right) = 2884\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr3surA := (PD3izqSur \cdot w3) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Sur \cdot \frac{w3}{2}\right) = 6528\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 SUR: Respecto a punto A.

$$Mr4surA := (PD4izqSur \cdot w4) + \left(R_{D4} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared4Sur \cdot \frac{w4}{2}\right) = 3729\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1sur := \frac{(0.525\ \rho_{ox} \cdot Mvolteo1sur) + ((1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot (Mr1surA))}{w1} = 2327\ N$$

$$C_2sur := \frac{(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2sur) + ((1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot (Mr2surA))}{w2} = 4079\ N$$

$$C_3sur := \frac{((0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3sur) + (1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot (Mr3surA))}{w3} = 4413\ N$$

$$C_4sur := \frac{(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo4sur) + (1 + 0.105 \cdot S_{DS})\ (Mr4surA)}{w4} = 4189\ N$$

$w4$

Distribución de la fuerza en cada panel Norte

Panel 1. Vista Norte $h1N = 3\ m$ $w1N = 1\ m$ **Panel 2. Vista Norte** $h2N = 3\ m$ $w2N = 2\ m$

$$P1norte := \left(\frac{w1N}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 803\ N \qquad P2norte := \left(\frac{w2N}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 1312\ N$$

Panel 3. Vista Norte $h3N = 3\ m$ $w3N = 2\ m$ **Panel 4. Vista Norte** $h4N = 3\ m$ $w4N = 1\ m$

$$P3norte := \left(\frac{w3N}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 1013\ N \qquad P4norte := \left(\frac{w4N}{(wNStotal)}\right) \cdot V_{marco}X = 598\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo := 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1N = 2411\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2N = 3942\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3N = 3044\ N \qquad R_{D4} := CM \cdot \left(\frac{(wNStotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w4N = 1795\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Norte := CMpared \cdot h1N \cdot w1N = 2001\ N \qquad CMpared2Norte := CMpared \cdot h2N \cdot w2N = 3271\ N$$

$$CMpared3Norte := CMpared \cdot h3N \cdot w3N = 2526\ N \qquad CMpared4Norte := CMpared \cdot h4N \cdot w4N = 1490\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1norte := 1.66\ m \qquad dintel2norte := 1.05\ m \qquad dintel3norte := 1.33\ m$$

$$PD1izqNorte := 0\ N$$

$$PD1derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1norte}{2}\right) = 1461\ N \qquad PD2izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1norte}{2}\right) = 1461\ N$$

$$PD2derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2norte}{2}\right) = 924\ N \qquad PD3izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2norte}{2}\right) = 924\ N$$

$$PD3derNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3norte}{2}\right) = 1170\ N \qquad PD4izqNorte := CM \cdot \left(\frac{wNStotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel3norte}{2}\right) = 1170\ N$$

$$PD4derNorte := 0\ N$$

$$V1norte := \frac{((P1norte))}{w1N} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V2norte := \frac{((P2norte))}{w2N} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V3norte := \frac{((P3norte))}{w3N} = 586\ \frac{N}{m} \qquad V4norte := \frac{((P4norte))}{w4N} = 586\ \frac{N}{m}$$

$$V1norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V1norte \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V2norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V2norte \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$V3norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V3norte \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V4norteok := \begin{array}{|l} \text{if } V4norte \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

Momento de volteo paneles NORTE: Respecto a punto B.

$$Mvolteo1norte := P1norte \cdot h = 2448\ N \cdot m \qquad Mvolteo2norte := P2norte \cdot h = 4002\ N \cdot m \qquad Mvolteo3norte := P3norte \cdot h = 3091\ N \cdot m$$

$$Mvolteo4norte := P4norte \cdot h = 1822\ N \cdot m$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado norte

Momento de reacción panel 1 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr1norteB := (PD1izqNorte \cdot w1N) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1N}{2}\right) + \left(CMpared1Norte \cdot \frac{w1N}{2}\right) = 3022\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr2norteB := (PD2izqNorte \cdot w2N) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2N}{2}\right) + \left(CMpared2Norte \cdot \frac{w2N}{2}\right) = 11350\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr3norteB := (PD3izqNorte \cdot w3N) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3N}{2}\right) + \left(CMpared3Norte \cdot \frac{w3N}{2}\right) = 6417\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 NORTE: Respecto a punto B.

$$Mr4norteB := (PD4izqNorte \cdot w4N) + \left(R_{D4} \cdot \frac{w4N}{2}\right) + \left(CMpared4Norte \cdot \frac{w4N}{2}\right) = 2869\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1norte} := \frac{\langle 0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1norte \rangle - \langle (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr1norteB \rangle}{w1N} = 570\ N$$

$$T_{2norte} := \frac{\langle 0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2norte - \langle (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr2norteB \rangle \rangle}{w2N} = -800\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_{3norte} := \frac{0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3norte - \langle (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr3norteB \rangle}{w3N} = -150\ N$$ No hay levantamiento del panel

$$T_{4norte} := \frac{0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo4norte - \langle (0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}) \cdot Mr4norteB \rangle}{w4N} = 280\ N$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado norte

Momento de reacción panel 1 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr1norteA := (PD1derNorte \cdot w1N) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Norte \cdot \frac{w1N}{2}\right) = 3861\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr2norteA := (PD2derNorte \cdot w2N) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Norte \cdot \frac{w2N}{2}\right) = 6534\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr3norteA := (PD3derNorte \cdot w3N) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Norte \cdot \frac{w3N}{2}\right) = 4829\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 4 NORTE: Respecto a punto A.

$$Mr4norteA := (PD4derNorte \cdot w4N) + \left(R_{D4} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared4Norte \cdot \frac{w4N}{2}\right) = 1124\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1norte := \frac{\langle 0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1norte \rangle + \langle (1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot (Mr1norteA) \rangle}{w1N} = 4294\ N$$

$$C_2norte := \frac{\langle 0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2norte \rangle + \langle (1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot Mr2norteA \rangle}{w2N} = 4402\ N$$

$$C_3norte := \frac{(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3norte) + ((1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot Mr3norteA)}{w3N} = 4264\ N$$

$$C_4norte := \frac{(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo4norte) + ((1 + 0.105 \cdot S_{DS}) \cdot Mr4norteA)}{w4N} = 2422\ N$$

Distribución de la fuerza en cada panel Este

Panel 1. Vista Este $h1E = 3\ m$ $w1E = 1\ m$ **Panel 2. Vista Este** $h2E = 3\ m$ $w2E = 1\ m$

$$P1este := \left(\frac{w1E}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 952\ N \qquad P2este := \left(\frac{w2E}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 1157\ N$$

Panel 3. Vista Este $h3E = 3\ m$ $w3E = 1\ m$

$$P3este := \left(\frac{w3E}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 952\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2} \qquad CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2} \qquad voladizo := 0.60\ cm$$

$$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1E = 1128\ N \qquad R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2E = 1371\ N$$

$$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3E = 1128\ N$$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$$CMpared1Este := CMpared \cdot h1E \cdot w1E = 1490\ N \quad CMpared2Este := CMpared \cdot h2E \cdot w2E = 1811\ N \quad CMpared3Este := CMpared \cdot h3E \cdot w3E = 1490\ N$$

Reacciones de los dinteles:

$$dintel1este := 1.36\ m \qquad dintel2este := 1.36\ m$$

$$PD1izqEste := 0\ N$$

$$PD1derEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1este}{2}\right) = 752\ N \qquad PD2izqEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD2derEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2este}{2}\right) = 752\ N \qquad PD3izqEste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2este}{2}\right) = 752\ N$$

$$PD3derEste := 0\ N$$

$$V1este := \frac{(-1 \cdot (P1este))}{w1E} = -933\ \frac{N}{m} \qquad V2este := \frac{(-1 \cdot (P2este))}{w2E} = -933\ \frac{N}{m} \qquad V3este := \frac{(-1 \cdot (P3este))}{w3E} = -933\ \frac{N}{m}$$

$$V1esteok := \begin{array}{|l} \text{if } V1este \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”} \qquad V2esteok := \begin{array}{|l} \text{if } V2este \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

$$V3esteok := \begin{array}{|l} \text{if } V3este \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”} \end{array} = \text{“CHEQUEA”}$$

Momento de volteo paneles ESTE: Respecto a punto B.

$$Mvolteo1este := P1este \cdot h = 2902\ N \cdot m \qquad Mvolteo2este := P2este \cdot h = 3528\ N \cdot m \qquad Mvolteo3este := P3este \cdot h = 2902\ N \cdot m$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado este

Momento de reacción panel 1 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr1esteB := \left(PD1izqEste \cdot w1E\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1E}{2}\right) + \left(CMpared1Este \cdot \frac{w1E}{2}\right) = 1335\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr2esteB := \left(PD2izqEste \cdot w2E\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2E}{2}\right) + \left(CMpared2Este \cdot \frac{w2E}{2}\right) = 2905\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto B.

$$Mr3esteB := \left(PD3izqEste \cdot w3E\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3E}{2}\right) + \left(CMpared3Este \cdot \frac{w3E}{2}\right) = 2102\ N \cdot m$$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1este} := \frac{0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1este - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr1esteB\right)}{w1E} = 1963\ N$$

$$T_{2este} := \frac{0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2este - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr2esteB\right)}{w2E} = 1468\ N$$

$$T_{3este} := \frac{0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3este - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr3esteB\right)}{w3E} = 1603\ N$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado este

Momento de reacción panel 1 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr1esteA := \left(PD1derEste \cdot w1E\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Este \cdot \frac{w1E}{2}\right) = 1756\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr2esteA := \left(PD2derEste \cdot w2E\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Este \cdot \frac{w2E}{2}\right) = 2334\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr3esteA := \left(PD3derEste \cdot w3E\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Este \cdot \frac{w3E}{2}\right) = 989\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1este := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1este\right) + \left(\left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr1esteA\right)}{w1E} = 3820\ N$$

$$C_2este := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2este\right) + \left(\left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr2esteA\right)}{w2E} = 3995\ N$$

$$C_3este := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3este\right) + \left(\left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr3esteA\right)}{w3E} = 3000\ N$$

Distribución de la fuerza en cada panel Oeste

Panel 1. Vista Oeste $h1O = 3\ m$ $w1O = 1\ m$

$$P1oeste := \left(\frac{w1O}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 952\ N$$

Panel 2. Vista Oeste $h2O = 3\ m$ $w2O = 1\ m$

$$P2oeste := \left(\frac{w2O}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 896\ N$$

Panel 3. Vista Oeste $h3O = 3\ m$ $w3O = 2\ m$

$$P3oeste := \left(\frac{w3O}{(wEOtotal)}\right) \cdot V_{marco}Y = 2099\ N$$

Transmisión de las cargas muertas de techo a la pared

$CMpared := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2}$ $CM := 6.14\ psf = 294\ \frac{N}{m^2}$ $voladizo = 1\ cm$

$R_{D1} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w1O = 1128\ N$ $R_{D2} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w2O = 1061\ N$

$R_{D3} := CM \cdot \left(\frac{(wEOtotal)}{2} + voladizo\right) \cdot w3O = 2488\ N$

Transmisión de la carga muerta de la pared a cada panel.

$CMpared1Oeste := CMpared \cdot h1O \cdot w1O = 1490\ N$ $CMpared2Oeste := CMpared \cdot h2O \cdot w2O = 1402\ N$

$CMpared3Oeste := CMpared \cdot h3O \cdot w3O = 3286\ N$

Reacciones de los dinteles:

$dintel1oeste := 1.26\ m$ $dintel2oeste := 0.91\ m$

$PD1izqOeste := 0\ N$

$PD1derOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1oeste}{2}\right) = 697\ N$ $PD2izqOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel1oeste}{2}\right) = 697\ N$

$PD2derOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2oeste}{2}\right) = 503\ N$ $PD3izqOeste := CM \cdot \left(\frac{wEOtotal}{2} + voladizo\right) \cdot \left(\frac{dintel2oeste}{2}\right) = 503\ N$

$PD3derOeste := 0\ N$

$V1oeste := \frac{((P1oeste))}{w1O} = 933\ \frac{N}{m}$ $V2oeste := \frac{((P2oeste))}{w2O} = 933\ \frac{N}{m}$ $V3oeste := \frac{((P3oeste))}{w3O} = 933\ \frac{N}{m}$

$V1oesteok := \begin{array}{l}\text{if } V1oeste \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”}\end{array} = \text{“CHEQUEA”}$ $V2oesteok := \begin{array}{l}\text{if } V2oeste \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”}\end{array} = \text{“CHEQUEA”}$

$V3oesteok := \begin{array}{l}\text{if } V3oeste \le vcap \\ \quad \| \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO CHEQUEA”}\end{array} = \text{“CHEQUEA”}$

Momento de volteo paneles OESTE: Respecto a punto B.

$Mvolteo1oeste := P1oeste \cdot h = 2902\ N \cdot m$ $Mvolteo2oeste := P2oeste \cdot h = 2732\ N \cdot m$ $Mvolteo3oeste := P3oeste \cdot h = 6402\ N \cdot m$

Análisis de fuerzas en la cuerda a TENSIÓN de cada panel del lado oeste

Momento de reacción panel 1 OESTE: Respecto a punto B.

$Mr1oesteB := (PD1izqOeste \cdot w1O) + \left(R_{D1} \cdot \frac{w1O}{2}\right) + \left(CMpared1Oeste \cdot \frac{w1O}{2}\right) = 1335\ N \cdot m$

Momento de reacción panel 2 OESTE: Respecto a punto B.

$Mr2oesteB := (PD2izqOeste \cdot w2O) + \left(R_{D2} \cdot \frac{w2O}{2}\right) + \left(CMpared2Oeste \cdot \frac{w2O}{2}\right) = 1851\ N \cdot m$

Momento de reacción panel 3 OESTE: Respecto a punto B.

$Mr3oesteB := (PD3izqOeste \cdot w3O) + \left(R_{D3} \cdot \frac{w3O}{2}\right) + \left(CMpared3Oeste \cdot \frac{w3O}{2}\right) = 7627\ N \cdot m$

Fuerza de tensión en la cuerda a tensión del panel:

$$T_{1oeste} := \frac{\left(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1oeste\right) - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr1oesteB\right)}{w1O} = 1963\ N$$

$$T_{2oeste} := \frac{\left(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2oeste\right) - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr2oesteB\right)}{w2O} = 1666\ N$$

$$T_{3oeste} := \frac{\left(0.7 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3oeste\right) - \left(\left(0.6 - 0.14 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr3oesteB\right)}{w3O} = 967\ N$$

Análisis de fuerzas en la cuerda a COMPRESIÓN de cada panel del lado oeste

Momento de reacción panel 1 OESTE: Respecto a punto A.

$$Mr1oesteA := \left(PD1derOeste \cdot w1O\right) + \left(R_{D1} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared1Oeste \cdot \frac{w1O}{2}\right) = 1699\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 2 OESTE: Respecto a punto A.

$$Mr2oesteA := \left(PD2derOeste \cdot w2O\right) + \left(R_{D2} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared2Oeste \cdot \frac{w2O}{2}\right) = 1372\ N \cdot m$$

Momento de reacción panel 3 ESTE: Respecto a punto A.

$$Mr3oesteA := \left(PD3derOeste \cdot w3O\right) + \left(R_{D3} \cdot \frac{s}{2}\right) + \left(CMpared3Oeste \cdot \frac{w3O}{2}\right) = 4202\ N \cdot m$$

Fuerza de compresión en la cuerda a compresión del panel:

$$C_1oeste := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo1oeste\right) + \left(\left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr1oesteA\right)}{w1O} = 3760\ N$$

$$C_2oeste := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo2oeste\right) + \left(\left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr2oesteA\right)}{w2O} = 3501\ N$$

$$C_3oeste := \frac{\left(0.525 \cdot \rho_{ox} \cdot Mvolteo3oeste\right) + \left(1 + 0.105 \cdot S_{DS}\right) \cdot Mr3oesteA}{w3O} = 3980\ N$$

Corte basal en dirección Norte-Sur (Y):

$$V_y := SelecciónCs \cdot \Sigma Ws = 21\ kN$$

$$V_{marco}Y = 7\ kN$$

$$wNS := 6\ m \qquad wEO := 10\ m \qquad x := 11.40\ m \qquad y := 6.20\ m$$

$$Vmax := max\left(V_{marco}X, V_{marco}Y\right) = 7\ kN \qquad wmax := max\left(wNS, wEO\right)$$

$$EQ := \frac{Vmax}{wmax} = 701\ \frac{N}{m}$$

Corte basal en dirección Este-Oeste (X):

$$V_x := SelecciónCs \cdot \Sigma Ws = 21\ kN$$

$$V_{marco}X = 7\ kN$$

$$area := x \cdot y = 71\ m^2$$

Diseño y dimensionamiento de puntales verticales de paneles

Anchotributario de cada puntal (espaciamiento entre cada puntal)

$$Anchotributario := 16\ in = 40.64\ cm \qquad CV := 10\ psf = 479\ \frac{N}{m^2}$$

Área tributaria por puntal paneles NORTE-SUR:

$$\left(\frac{wNStotal}{2}\right)$$

$areatributaria := \frac{(2)}{2} \cdot Anchotributario = 1.215\ m^2$

Carga muerta total en los puntales $CMpuntal := CMpared \cdot areatributaria + CM \cdot Anchotributario \cdot h = 946\ N$

Carga viva total en los puntales $CVpuntal := CV \cdot areatributaria = 582\ N$

Momento máximo generado por la carga de sismo en cada puntal

$W_{sismo} := EQ = 701\ \frac{N}{m}$

$M_{sismo} := \frac{(W_{sismo} \cdot h^2)}{8} = 815\ N \cdot m$

$C1 := CMpuntal = 946\ N$

$C2 := CMpuntal + CVpuntal = 1528\ N$

$C3 := CMpuntal + 0 = 946\ N$

$C4 := CMpuntal + 0.75\ CVpuntal + 0.75 \cdot 0 = 1383\ N$

$C5 := CMpuntal + 0.75\ CVpuntal = 1383\ N$

$C6 := 0.6\ CMpuntal + 0 = 568\ N$

Factor de duración de carga. NDS 2005 . Capítulo 2. Tabla 2.3.2

$CMC_D := 0.9$	Para carga permanente	$CNieveC_D := 1.15$	Para 2 meses	$CVC_D := 1$	Para 10 años
$CConstrucciónC_D := 1.25$	Para 7 días	$CWC_D := 1.6$	Para 10 minutos	$CimpactoC_D := 2$	Para carga de impacto

Combinaciones de carga (ASD) normalizadas con un factor de duración

$\frac{C1}{CMC_D} = 1051\ N$ $\frac{C2}{CVC_D} = 1528\ N$ $\frac{C3}{CNieveC_D} = 823\ N$ $\frac{C4}{CNieveC_D} = 1202\ N$ $\frac{C5}{CWC_D} = 864\ N$ $\frac{C6}{CWC_D} = 355\ N$

$max(C1, C2, C3, C4, C5, C6) = 1528\ N$ Por lo tanto domina combinación de carga C2

Momentos normalizados con un factor de duración
(En este caso solo existe momento debido a sismo)

$\frac{0.75 \cdot M_{sismo}}{CWC_D} = 382\ N \cdot m$ 0.75 debido a la combinación C5.

$\frac{M_{sismo}}{CWC_D} = 509\ N \cdot m$ con la combinación C6

Selección de dimensiones del puntal

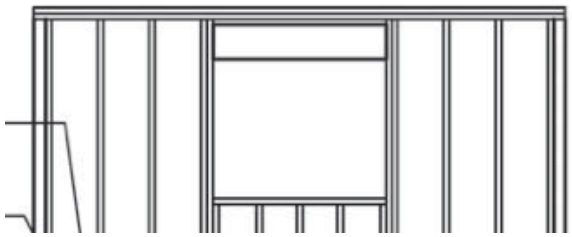
$b := 2\ in = 5\ cm$ $h := 4\ in = 10\ cm$ Tabla 1B. Página 14 de suplemento de NDS 2005. Propiedades de las secciones de madera aserrada.

$Anchotributario := 16\ in = 0.406\ m$ Anchotributario de cada puntal (espaciamiento entre cada puntal)

Configuraciòn estructural del panel

$Areagruesa := 5.25\ in^2 = 34\ cm^2$

$S_x := 3.06\ in^3 = 50\ cm^3$



$d_x := h - 0.5\ in$ Dimensiones de la sección perpendicular a cada eje suceptibles al pandeo.

$d_y := b - 0.5\ in$ $d_x = 8.89\ cm$ $d_y = 3.81\ cm$

$S_x := \left(\frac{1}{6}\right) \cdot d_y \cdot {d_x}^2 = 0.0001\ m^3$ $Areagruesa := d_x \cdot d_y = 0.003\ m^2$

Tabla 4A. Página 31 de sumplemento de NDS. Valores de diseño para cada especie de árbol.

$Fc := 175.34\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo de compresión admisible paralelo al grano.

$Fb := 349.53\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo flexionante admisible.

$Fperp := 40.68\ \frac{kgf}{cm^2} = 4\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo de compresión admisible perpendicular al grano.

$Emin := 71.52\ \frac{tonf}{cm^2} = \left(6 \cdot 10^5\right)\ \frac{N}{cm^2}$ Módulo de elasticidad

$C_F(Fc) := 1.15$ Factor de tamaño para esfuerzo de compresiòn paralelo al grano. Tabla 4A de NDS 2005. Grado estructural, dimensiones 2"X4"

$C_F(Fb) := 1.5$ Factor de tamaño para esfuerzo de flexionante. Tabla 4A de NDS 2005. Puntal, dimensiones 2"X4"

$C_M(Fc) := 0.8$ Factor de humedad para esfuerzo de compresión paralelo al grano.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$C_M Fcp := 0.67$ Factor de humedad para esfuerzo de compresión perpendicular al grano.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$C_M(Emin) := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$C_M(Fb) := 0.85$ Factor de humedad para esfuerzo de flexión de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Cr := 1.15$ Factor de miembros repetitivos. Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.

$C_{fu} := 1$ Factor de utilización plana. Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones de 2"X4"

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$C_L := 1$ Factor de estabilidad. Es 1 debido a que el puntal está emrbeizado por los paneles para evitar el pandeo lateral torsional en el eje fuerte X-X. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

Chequeo de diseño No.1: Compresión en el área neta. Ocurre en los extremos del puntal.

Se toma la combinación de carga normalizada crítica:

$C2 = 1528\ N$ $CVC_D := 1$ $\frac{C2}{CVC_D} = 1528\ N$

Debido a que los puntales estarán conectados únicamente con clavos, el área neta será igual al área gruesa, ya que no hay pernos de conexión. Por lo tanto:

$Aneta = Areagruesa$ $Areagruesa = 0.003\ m^2$

Esfuerzo de compresión axial aplicado en la sección:

$fc := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451\ \frac{N}{mm^2}$ $Cp := 1$ Factor de estabilidad de columna. Es 1 debido a que en los extremos no hay pandeo.

$Cdchequeo1 := 1$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C2 y su factor Cd correspondiente es 1.

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

Chequeos de excepciones de Cm por humedad mayor a 19%

$F_cadm := Fc \cdot Cdchequeo1 \cdot C_M(Fc) \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci \cdot Cp = 224\ \frac{N}{mm^2}$

$Fcok := \text{if } F_cadm > fc \text{ } \| \text{ “CHEQUEA” else } \| \text{ “NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

Chequeo de diseño No.2: Compresión en el área gruesa. Ocurre en la parte media del puntal.

Se toma la combinación de carga normalizada crítica:

$C2 = 1528\ N$ $CVC_D := 1$ $Areagruesa = 0.003\ m^2$

Esfuerzo de compresión axial aplicado en la sección:

$fcaxial := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451\ \frac{N}{mm^2}$

$Cdchequeo2 := 1$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C2 y su factor Cd correspondiente es 1.

Esfuerzo de compresión axial perpendicular al grano aplicado en la reglilla.

$fcperp := \frac{C2}{Areagruesa} = 0.451\ \frac{N}{mm^2}$ $h1 = 3\ m$

Longitud no embreizada eje X-X $l_{xx} := 3.05\ m$

La longitud no embreizada del puntal respecto al eje X-X es 3.05 m debido a que no existen elementos intermedios en los puntales que lo embreicen

Longitud no embreizada eje Y-Y $l_{yy} := 0\ m$ La longitud no embreizada del puntal respecto al eje Y-Y es 0 m debido a que está totalmente cubierto por el recubrimiento del panel.

Factor de longitud efectiva: se asume k=1 debido a que están simplemente soportados en sus extremos.

$K_e := 1$ Para ambos ejes. $l_{exx} := K_e \cdot l_{xx} = 3.05\ m$ $l_{eyy} := K_e \cdot l_{yy} = 0\ m$

Relaciòn de esbeltez:

$\frac{l_{exx}}{} = 34.308$ $\frac{l_{eyy}}{} = 0$

d_x d_y

$$l_{exx}ok := \text{if } \frac{l_{exx}}{d_x} < 50 \text{ } \| \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \| \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”} \qquad l_{eyy}ok := \text{if } \frac{l_{eyy}}{d_y} < 50 \text{ } \| \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \| \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

$max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right) = 34.308$ controla el eje X-X ya que tiene la relación de esbeltez más grande.

Módulo de elasticidad de pandeo mínimo admisible:

$C_M(Emin) := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad de madera con un contenido de humedad mayor al 19%

$$Eminadm := Emin \cdot C_M(Emin) \cdot Ct \cdot Ci = 5726 \ \frac{N}{mm^2}$$

Factor de interacción: $c := 0.8$ 0.8 para madera aserrada

Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil:

$$F_{cE} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

Fuerza de aplastamiento en el puntal cuando la esbeltez es igual a cero

$$Faplastamiento := Fc \cdot Cdchequeo2 \cdot C_M Fcp \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci = 176 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{F_{cE}}{Faplastamiento} = 0.023$$

Factor de estabilidad del puntal para este chequeo:

$$C_P := \frac{\left(1 + \frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c} - \sqrt[2]{\left(\frac{\left(1 + \frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c}\right)^2 - \frac{\left(\frac{F_{cE}}{Faplastamiento}\right)}{c}} = 0.023$$

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

$$F_c adm := Faplastamiento \cdot C_P = 4 \ \frac{N}{mm^2} \qquad Fcok := \text{if } F_c adm > fcaxial \text{ } \| \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \| \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano:

$$F_c adm := Fperp \cdot C_M Fcp \cdot Ct \cdot Ci = 3 \ \frac{N}{mm^2} \qquad Fcok := \text{if } F_c adm > fcperp \text{ } \| \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \| \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Chequeo de diseño No.3: Flexión.Ocurre en la parte media del puntal. Se genera un momento flexionante debido a la carga de sismo.

Se toma la combinación de momento normalizada crítica:

$M_{sismo} = 815 \ N \cdot m$ Factor de duración para este chequeo. Debido a que la combinación dominante es C6 y su factor Cd correspondiente es 1.6.

$Cdchequeo3 := 1.6$

$C6 = 568 \ N$ $M_{sismo} = 815 \ N \cdot m$ $S_x = 0.0001 \ m^3$

Esfuerzo de compresión en el puntal:

$$f_{bc} := \frac{M_{sismo}}{S_x} = 16 \ \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo admisible de flexión:

$$Fadmflexióncheq3 := Fb \cdot Cdchequeo3 \cdot C_M(Fb) \cdot Ct \cdot C_L \cdot C_F(Fb) \cdot Ci \cdot Cr \cdot C_{fu} = 868 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fbok := \text{if } Fadmflexióncheq3 > f_{bc} \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Chequeo de diseño No.4: Flexo-compresión.Ocurre en la parte media del puntal.

Se consideran las combianciones de carga máxima que a su vez generen momento. Factor Cd correspondiente a las cargas máximas. Por lo tanto:

$$C5 = 1383 \ N \qquad 0.75 \ M_{sismo} = 611 \ N \cdot m \qquad C5(C_D) := 1.6 \qquad C6 = 568 \ N \qquad C6(C_D) := 1.6 \qquad M_{sismo} = 815 \ N \cdot m$$

Análisis individual de ambos casos de carga para determinar el más crítico:

Combinación C5: Esfuerzo de flexión. El sismo causa flexión respecto al eje X-X en los puntales.

$$fbx := \frac{0.75 \ M_{sismo}}{S_x} = 12 \ \frac{N}{mm^2} \qquad C_D := 1.6 \qquad C_F(Fb) = 1.5$$

Compresión axial aplicada a la sección media del puntal: $fcaxial = 0.451 \ \frac{N}{mm^2}$

Esfuerzo admisible de flexión:

$$Fadmflexión := Fb \cdot C_D \cdot C_M(Fb) \cdot Ct \cdot C_L \cdot C_F(Fb) \cdot Ci \cdot Cr \cdot C_{fu} = 868 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fbok := \text{if } Fadmflexión > fbx \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Fuerza de aplastamiento en la columna cuando la esbeltez es igual a cero

$$Faplastamiento := Fc \cdot C_D \cdot C_M(Fc) \cdot Ct \cdot C_F(Fc) \cdot Ci = 379 \ \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo crítico de Euler respecto al eje débil:

$$F_{cEmax} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento} = 0.011$$

Factor de estabilidad del puntal para este chequeo:

$$C_P := \frac{\left(1 + \frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c} - \sqrt[2]{\left(\frac{\left(1 + \frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{2 \cdot c}\right)^2 - \frac{\left(\frac{F_{cEmax}}{Faplastamiento}\right)}{c}} = 0.011$$

Esfuerzo admisible de compresión paralelo al grano:

$$F_c adm := Faplastamiento \cdot C_P = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$Fcok := \text{if } F_c adm > fcaxial \ \| \ \text{“CHEQUEA”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$$

Esfuerzo crítico de Euler en el eje X-X (el eje x-x es el eje respecto al cual el puntal se flexiona)

$$F_{cEx} := \frac{0.822 \cdot Eminadm}{max\left(\frac{l_{exx}}{d_x}, \frac{l_{eyy}}{d_y}\right)^2} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación de interacción Flexo-Compresión:

$$\left(\frac{fcaxial}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1-\frac{fcaxial}{F_{cEx}}} = 0.029$$

$$FC := \text{if}\left(\left(\frac{fcaxial}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1-\frac{fcaxial}{F_{cEx}}} < 1 \,\middle|\, \text{“CHEQUEA”}, \text{else} \,\middle|\, \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

Combinación C6:

$Comb6 := 0.6\ CMpuntal + 0 = 568\ N$ $\quad C6\left(C_D\right) := 1.6$ $\quad M_{sismo} = 815\ N \cdot m$

Esfuerzo de flexión

$$fbx := \frac{M_{sismo}}{S_x} = 16\ \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo de compresión axial

$$fc := \frac{Comb6}{Areagruesa} = 0.168\ \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación de interacción Flexo-Compresión:

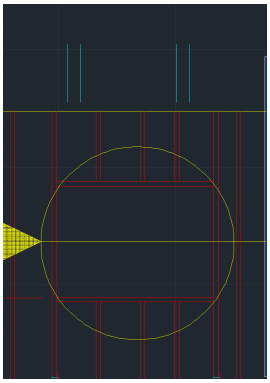
$$\left(\frac{fc}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1-\frac{fc}{F_{cEx}}} = 0.021$$

$$FC := \text{if}\left(\left(\frac{fc}{F_c adm}\right)^2 + \frac{\frac{fbx}{Fadmflexión}}{1-\frac{fc}{F_{cEx}}} < 1 \,\middle|\, \text{“CHEQUEA”}, \text{else} \,\middle|\, \text{“NO CHEQUEA”}\right) = \text{“CHEQUEA”}$$

Diseño de dinteles

Reacciones de dintel 1 sur

$P1 := 1461\ N$ $P2 := 1461\ N$ $L := 1.66\ m$



$Pmax := max(P1, P2) = 1461\ N$

$Mv := 0.600 \cdot Pmax \cdot L = 1455\ N \cdot m$

$Pv := 2 \cdot Pmax = 2922\ N$

$Fb := 349.53\ \frac{kgf}{cm^2} = 34\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo flexionante admisible.

$FLEXION\sigma pinabeteblanco := 1300\ psi$

$SxxDemandante := \frac{Mv}{Fb} = 42\ cm^3$ $Franjadiseño := 0.40\ m$

$Atributaria := Franjadiseño \cdot L = 0.664\ m^2$

Dimensionamiento:

$B := (3)\ in - 0.5\ in = 2.5\ in$ $B = 6.35\ cm$ 1/2 pulgada menos por el cepillado de la madera.

$H := (6)\ in - 0.5\ in = 5.5\ in$ $H = 13.97\ cm$

$Area := B \cdot H = 13.75\ in^2$

$Sxx := \frac{1}{6} \cdot B \cdot H^2 = 13\ in^3$

$Sxxok := \text{if } Sxx \geq SxxDemandante \text{ “CHEQUEA” else “NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{SxxDemandante}{Sxx} = 20.6\%$

$C_M := 0.85$ Factor de humedad para esfuerzo de flexión.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 Fº (38 Cº).

$Ci := 1$ Factor de incisión. Es 1 debido a que esta madera no tendrá incisiones.

$CD := 1$ Factor de duración de carga.

$Cb := 1$ Factor de área de soporte de vigas. según NDS 2005 es 1 para extremos de elementos.

$C_L := 1$ Factor de estabilidad. Sección 3.3.3 de NDS 2005.

$CF := 0.9$ Factor de tamaño. Tabla 4A de NDS 2005.

$Cr := 1.15$ Factor de miembros repetitivos. Es 1.15 para vigas, armaduras y puntales verticales.

$C_{fu} := 1$ Factor de utilización plana. Tabla 4A de NDS 2005. Dimensiones de 2.5"X5.5"

$\sigma' := Fb \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot C_L \cdot CF \cdot Cr \cdot C_{fu} \cdot Ci = 30\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma REAL := \frac{Mv}{Sxx} = 7\ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma'ok := \text{if } \sigma' \geq \sigma REAL \text{ “CHEQUEA” else “NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\sigma REAL}{\sigma'} = 23.4\%$

Análisis en corte

$C_M := 0.97$ Factor de humedad para esfuerzo de corte.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$\sigma corte := \frac{1.5 \cdot Pv}{Area} = 0.5 \ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma admisibleCORTE := 135 \ psi = 0.931 \ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma\acute{}corte := \sigma admisibleCORTE \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = \left(9 \cdot 10^{-1}\right) \ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma\acute{}ok := \begin{cases} \text{if } \sigma\acute{}corte \geq \sigma corte \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\sigma corte}{\sigma\acute{}corte} = 54.7\%$

Análisis de deflexión

$Emin := 71.52 \ \frac{tonf}{cm^2} = 6363 \ \frac{N}{mm^2}$ Módulo de elasticidad

$C_M := 0.9$ Factor de humedad para módulo de elasticidad.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$E\acute{}ADMISIBLE := Emin \cdot C_M \cdot Ct \cdot Ci = 5726 \ \frac{N}{mm^2}$

$CM := 483 \ \frac{N}{m^2}$

$Ixx := \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 = 1443 \ cm^4$

$CM = 483 \ \frac{N}{m^2}$

$Iyy := \frac{1}{12} \cdot H \cdot B^3 = 298 \ cm^4$

$CV := 50 \ \frac{kgf}{m^2} = 490.333 \ \frac{N}{m^2}$

$CM \cdot Atributaria = 321 \ N$

Deflexión debido a carga viva Según tabla 1604.3 IBC 2009

$\Delta_{LL} := \frac{L}{360} = 4.611 \ mm$ $\Delta_{DL} := \frac{L}{240} = 6.917 \ mm$

Deflexión debido a carga viva + carga muerta Según tabla 1604.3 IBC 2009

$\Delta DL := \frac{5 \cdot CM \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E\acute{}ADMISIBLE \cdot Ixx} = 0.231 \ mm$ $\Delta LL := \frac{5 \cdot CV \cdot Franjadiseño \cdot (L)^4}{384 \cdot E\acute{}ADMISIBLE \cdot Ixx} = 0.235 \ mm$

$k := 1$ Factor de deslizamiento (creep factor)

$\Delta_{TL} := \Delta LL + k \cdot \Delta DL = 0.466 \ mm$

$\Delta DLok := \begin{cases} \text{if } \Delta DL \leq \Delta_{DL} \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\Delta DL}{\Delta_{DL}} = 3.3\%$

$\Delta LLok := \begin{cases} \text{if } \Delta LL \leq \Delta_{LL} \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

$DC := \frac{\Delta LL}{\Delta_{LL}} = 5.1\%$

Análisis de compresión (perpendicular a la fibra de la madera)

$C_M := 0.67$

Factor de humedad para esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Fperp := 40.68 \ \frac{kgf}{cm^2} = 4 \ \frac{N}{mm^2}$

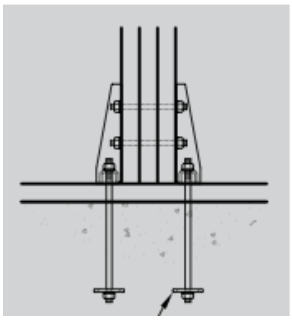
Esfuerzo de compresión admisible perpendicular al grano.

$\sigma\acute{}compresiónAdmisible := Fperp \cdot C_M \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3 \ \frac{N}{mm^2}$

$\sigma compresiónOK := \begin{cases} \text{if } \sigma\acute{}compresiónAdmisible < Fperp \\ \quad \text{“CHEQUEA”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO CHEQUEA”} \end{cases} = \text{“CHEQUEA”}$

Diseño de pernos de anclaje y clavos para conexión

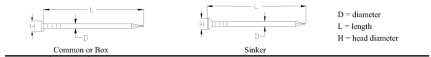
Capítulo 11 NDS 2005



Clase de perno a utilizar en el diseño.

Utilizar clavos 8d comunes con cabeza plana para conectar los puntales a los paneles. Cada 6 plgs.

Table L4 Standard Common, Box, and Sinker Nails[1]



Type		Pennyweight										
		6d	7d	8d	10d	12d	16d	20d	30d	40d	50d	60d
Common	L	2"	2-1/4"	2-1/2"	3"	3-1/4"	3-1/2"	4"	4-1/2"	5"	5-1/2"	6"
	D	0.113"	0.113"	0.131"	0.148"	0.148"	0.162"	0.192"	0.207"	0.225"	0.244"	0.263"
	H	0.266"	0.266"	0.281"	0.312"	0.312"	0.344"	0.406"	0.438"	0.469"	0.5"	0.531"
Box	L	2"	2-1/4"	2-1/2"	3"	3-1/4"	3-1/2"	4"	4-1/2"	5"		
	D	0.099"	0.099"	0.113"	0.128"	0.128"	0.135"	0.148"	0.148"	0.162"		
	H	0.266"	0.266"	0.297"	0.312"	0.312"	0.344"	0.375"	0.375"	0.406"		
Sinker	L	1-7/8"	2-1/8"	2-3/8"	2-7/8"	3-1/8"	3-1/4"	3-3/4"	4-1/4"	4-3/4"		5-3/4"
	D	0.092"	0.099"	0.113"	0.12"	0.135"	0.148"	0.177"	0.192"	0.207"		0.244"
	H	0.234"	0.250"	0.266"	0.281"	0.312"	0.344"	0.375"	0.406"	0.438"		0.5"

1. Tolerances specified in ASTM F 1667. Typical shape of common, box, and sinker nails shown. See ASTM F 1667 for other nail types.

Clase de perno: perno de anclaje de 20 cm de longitud

$b := 2\ in - 0.5\ in = 38.1\ mm$ $h := 4\ in - 0.5\ in = 88.9\ mm$

Dimension de las reglillas de los paneles.

Designación ASTM A106 Tabla 2-5 AISC Design Guide 2001

Tensión última del perno 65 KSI

$Longitud := 20\ cm = 200\ mm$

$tm := 13.8\ cm = 138\ mm$ distancia a la que estara embebido el perno en el concreto.

$\phi := 0.5\ in = 12.7\ mm$

$ts := 2\ in = 50.8\ mm$ dimensión de espesor la reglilla inferior del panel.

Penetración minima en el concreto
Sección 11.1 NDS 2005:

$6 \cdot \phi = 76.2\ mm$

$CD := 1.6$ Factor de duración de carga recomendado para pernos de anclaje en madera.

$C_M := 0.85$ Factor de humedad en flexión.Tabla 4A de NDS 2005. La madera contiene mas del 19% de humedad, por lo tanto se asume este valor.

$Ct := 1$ Factor de temperatura en condiciones normales. La temperatura no excede los 100 F° (38 C°).

$Cg := 1$ Factor de grupo. Se asume 1 debido a que los pernos estarán unicamente en los extremos de cada panel.

$C_\Delta := 1$ Factor de geometría.

$Ceg := 1$ Factor de grano. Es uno debido a que los conectores no estarán colocados paralelos al grano.

$\gamma_{Laurel} := 0.38$ Gravedad específica de la madera Laurel.

$s := 16\ in = 406.4\ mm$ Espaciamiento entre elementos verticales de panel.

$F_{yb} := 100000\ psi = 689\ \frac{N}{mm^2}$ Esfuerzo de flexión admisible en la conexión.

$F_e := 16600\ psi \cdot \gamma_{Laurel}^{1.84} = 19\ \frac{N}{mm^2}$ $F_{es} := F_e$

$R_e := \frac{F_e}{F_{es}} = 1$ $R_t := \frac{(Longitud - b)}{b} = 4.249$ $\theta := 90\ °$

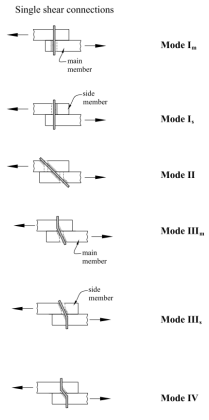
$K_\theta := 1 + \left(0.25 \cdot \left(\frac{\theta}{90}\right)\right) = 1.004$

$R_d := 4 \cdot K_\theta = 4.017$ Factor de reducción

$$k_1 := \frac{\sqrt[2]{R_e + \left(\left(2 \cdot R_e^{\,2}\right) \cdot \left(1 + R_t + \left(R_t^{\,2}\right)\right)\right) + R_t^{\,2} \cdot R_t^{\,3}} - \left(R_e \cdot \left(1 + R_t\right)\right)}{1 + R_e} = 16.304$$

$$k_2 := -1 + \sqrt[2]{2 \cdot \left(1 + R_e\right) + \frac{\left(2 \cdot F_{yb} \cdot \left(1 + 2 \cdot R_e\right) \cdot \phi^2\right)}{3 \cdot F_e \cdot \left(Longitud - b\right)^2}} = 1.107$$

$$k_3 := -1 + \sqrt[2]{\frac{2 \cdot \left(1 + R_e\right)}{R_e} + \frac{\left(2\ F_{yb} \cdot \left(2 + R_e\right) \cdot \phi^2\right)}{3 \cdot F_e \cdot b^2}} = 2.456$$



Cálculo de valor lateral de diseño nominal Z:

Modo Im: $Z_1 := \frac{(\phi \cdot (Longitud - b) \cdot F_{es})}{R_d} = (10 \cdot 10^3)\ N$ $Z_1 = (2 \cdot 10^3)\ lbf$

Modo Is: $Z_2 := \frac{(\phi \cdot b \cdot F_{es})}{R_d} = (2 \cdot 10^3)\ N$ $Z_2 = 522\ lbf$

Modo II: $Z_3 := \frac{k_1 \cdot b \cdot F_{es} \cdot \phi}{R_d} = (4 \cdot 10^4)\ N$ $Z_3 = (9 \cdot 10^3)\ lbf$

Modo IIIm: $Z_4 := \frac{(k_2 \cdot \phi \cdot (Longitud - b) \cdot F_{es})}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot R_d} = (4 \cdot 10^3)\ N$ $Z_4 = 819\ lbf$

Modo IIIs: $Z_5 := \frac{(k_3 \cdot \phi \cdot b \cdot F_{es})}{(2 + R_e) \cdot R_d} = (2 \cdot 10^3)\ N$ $Z_5 = 428\ lbf$

Modo IV: $Z_6 := \frac{\phi^2}{R_d} \cdot \sqrt[2]{\frac{2 \cdot F_{es} \cdot F_{yb}}{3 \cdot (1 + R_e)}} = (3 \cdot 10^3)\ N$ $Z_6 = 601\ lbf$

Valor Z más crítico: $min(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6) = (2 \cdot 10^3)\ N$ $min(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6) = 428\ lbf$

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a sismo: LADO SUR

$CompresiónA1$ (N)	$TensiónB1$ (N)
2327	932
4079	79
4413	−543
4189	−83

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a simo: LADO NORTE

$CompresiónA2$ (N)	$TensiónB2$ (N)
4294	570
4402	−800
4264	−150
2422	−280

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a simo: LADO ESTE

$CompresiónA3$ (N)	$TensiónB3$ (N)
3820	1963
3995	1468
300	1603

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a simo: LADO OESTE

$CompresiónA4$ (N)	$TensiónB4$ (N)
3760	1963
3501	1666
3980	967

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a viento: LADO SUR

$CompresiónA5$ (N)	$TensiónB5$ (N)
1707	54
3314	−1015
3620	−1796
3414	−1218

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a viento: LADO NORTE

$CompresiónA6$ (N)	$TensiónB6$ (N)
789	−400
811	−2117
783	−1302
403	−764

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a viento: LADO ESTE

$CompresiónA7$ (N)	$TensiónB7$ (N)
843	1919
879	1299
674	1468

Fuerzas de tensión y compresiòn en cada panel debido a viento: LADO OESTE

$CompresiónA8$ (N)	$TensiónB8$ (N)
830	1919
777	1558
876	671

Tensión máxima a la que está sometida la estructura en los paneles:

$Tmax := max(TensiónB1, TensiónB2, TensiónB3, TensiónB4, TensiónB5, TensiónB6, TensiónB7, TensiónB8) = 1963\ N$

$Tmax = 1963\ N$ $Tmax = 441\ lbf$

Compresión máxima a la que está sometida la estructura en los paneles:

$Compmax := max(CompresiónA1, CompresiónA2, CompresiónA3, CompresiónA4, CompresiónA5, CompresiónA6, CompresiónA7, CompresiónA8$

$Compmax = 4413\ N$ $Compmax = 992\ lbf$

Corte por viento en cada panel: LADO SUR	$VsA1$ (N)	Corte por viento en cada panel: LADO NORTE	$VsA2$ (N)	Corte por viento en cada panel: LADO ESTE	$VsA3$ (N)	Corte por viento en cada panel: LADO OESTE	$VsA4$ (N)
	273		415		886		886
	333		678		1100		851
	675		524		904		1995
	415		309				

Corte por sismo en cada panel: LADO SUR	$VsA5$ (N)	Corte por sismo en cada panel: LADO NORTE	$VsA6$ (N)	Corte por sismo en cada panel: LADO ESTE	$VsA7$ (N)	Corte por sismo en cada panel: LADO OESTE	$VsA8$ (N)
	527		803		933		933
	644		1312		1157		896
	1306		1013		952		2099
	803		598				

Tensión cote máximo al que está sometida la estructura en los paneles:

$Vmax := max(VsA1, VsA2, VsA3, VsA4, VsA5, VsA6, VsA7, VsA8) = 2099\ N$ $Vmax = 472\ lbf$

Cálculo de valor lateral de diseño corregido Zc:

Valor de resistencia a corte de cada perno.

$Zc := min(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6) \cdot CD \cdot C_M \cdot Ct \cdot Cg \cdot C_\Delta \cdot Ceg = 2587\ N$ $Zc = 582\ lbf$

Número de pernos por en cada panel:

$No. := \frac{Vmax}{Zc} = 0.811$ $No2 := 2$ $No4 := 4$

$Corteok := \text{if } Zc \geq Vmax \parallel \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \parallel \text{“NO CHEQUEA”} = \text{“CHEQUEA”}$

$Corteok := \text{if } No. \leq 1 \parallel No2 \text{ else } \parallel No4 = 2$

2 pernos en cada panel.

Largo máximo de panel NS: $LNS := 2.24\ m$

Espaciamiento maximo entre prenos:

$SpNS := \frac{LNS - 2\ ft}{No2 - 1} = 1.63\ m$

Diseño de solera perimetral

Tramo EO:

$L := 3\ m$ 3 tramos de 3 metros de longitud $Fy := 60\ ksi = 414\ MPa$ $Fc := 4\ ksi = 28\ MPa$

$d_{min} := \frac{L}{8} = 37.5\ cm$ Dimensiones: $d_{min} = 38\ cm$ $b_{min} := 20\ cm$ $5.7\ cm = 57\ mm$

Ancho tributario: $s := 5\ m$

Cargas: $DL := d_{min} \cdot 2400\ \frac{kgf}{m^3} = 8826\ Pa$ $DL = 184\ psf$ $W_{DL} := DL \cdot s = 44130\ \frac{N}{m}$ $W_{DL} = 3024\ \frac{lbf}{ft}$

$LL := 40\ psf = 1915\ \frac{N}{m^2}$ $W_{LL} := LL \cdot s = 9576\ \frac{N}{m}$ $W_{LL} = 656\ \frac{lbf}{ft}$

Combinaciones de carga:

$C1 := 1.3\ W_{DL} + 1.6 \cdot W_{LL} = 72691\ \frac{N}{m}$ $C1 = 4981\ \frac{lbf}{ft}$ $C2 := 1.4\ W_{DL} = 61782\ \frac{N}{m}$ $C2 = 4233\ \frac{lbf}{ft}$

$Cmax := max(C1, C2) = 72691\ \frac{N}{m}$

Efectos máximos:

$Mpos := \frac{Cmax \cdot L^2}{11} = 59474\ N \cdot m$ $Mneg := \frac{Cmax \cdot L^2}{10} = 65422\ N \cdot m$ $V := \frac{1.15\ Cmax \cdot L}{2} = 125391\ N$

Acero mínimo:

$As := \frac{(200 \cdot b_{min} \cdot d_{min})}{Fy \cdot 1000}$ $As_{min} := 0.4\ in^2 = 258\ mm^2$

$Nobarra := 4$ $Cantidad := 4$ $As := \frac{Cantidad \cdot 3.14}{4 \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2} \cdot in^2 = 81.032\ cm^2$

$BarraOK :=$ if $As > As_{min}$ "CHEQUEA" else "Aumentar area de acero"

$\varphi := 0.90$ $d := d_{min} - 1.5\ in = 13.264\ in$ $a := \frac{As \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 714.989\ mm$

$\varphi M := \varphi \cdot As \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = -62\ kN \cdot m$

Distancia al borde: $s1 := \frac{3}{4}\ in + \frac{1}{2}\ in + \frac{Nobarra \cdot in}{8} \cdot 2 = 57.15\ mm$ $s1 = 2.25\ in$

Distancia entre barras externas: $s2 := d_{min} - (2 \cdot s1) = 260.7\ mm$ $s2 = 10.264\ in$

Separación entre barras: $s3 := \frac{s2}{(Cantidad - 1)} - \frac{Nobarra}{8}\ in = 74.2\ mm$ $s3 = 2.921\ in$

Estribos 1/4" cada 20 cm

Refuerzo flexionante:

$Asp := \left(\frac{Cantidad \cdot 3.14}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) + \left(\frac{(Cantidad \cdot 3.14)}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) = (1.013 \cdot 10^3)\ mm^2$ Positivo

$Asn := \left(\frac{Cantidad \cdot 3.14}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) + \left(\frac{(Cantidad \cdot 3.14)}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) = (1.013 \cdot 10^3)\ mm^2$ Negativo

$apos := \frac{Asp \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 89.374\ mm$ $aneg := \frac{Asn \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 89.374\ mm$

$\varphi Mpos := \varphi \cdot Asp \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{apos}{2}\right) = 110\ kN \cdot m$ $\varphi Mpos := \varphi \cdot Asp \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{aneg}{2}\right) = 110\ kN \cdot m$

Resistencia a corte:

$Fc = (4 \cdot 10^3)\ psi$

$\varphi V := \frac{0.75 \cdot 2 \cdot Fc \cdot b_{min} \cdot d}{1000} = (3 \cdot 10^3)\ N$ $\varphi V = 1\ kip$ $conclusión := \text{if } \varphi V < V \parallel \text{“Refuerzo de corte”} \text{ else } \parallel \text{“Concreto chequea en corte”} = \text{“Refuerzo de corte”}$

Corte que resiste el acero de refuerzo:

$Barra := 4$ $As := \frac{2 \cdot 3.14}{4 \cdot \left(\frac{Barra}{8}\right)^2} \cdot 1\ in^2 = 4052\ mm^2$ $As = 6.28\ in^2$ $S := 2\ in$

$\varphi Vs := \frac{0.75 \cdot As \cdot Fy \cdot d}{S} = 8337\ kN$ $\varphi Vs = 1874\ kip$

$Vt := \varphi V + \varphi Vs = 8340\ kN$ $Vt = 1875\ kip$

$DC := \frac{V}{Vt} \cdot 100\% = 0.015$ $conclusión := \text{if } DC < 0.95 \parallel \text{“Chequea”} \text{ else } \parallel \text{“No chequea”} = \text{“Chequea”}$

Revisión de deflexiones:

Carga viva

$E := 57100 \cdot Fc = (2 \cdot 10^{12})\ Pa$ $Icr := 0.35 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{min} \cdot {d_{min}}^3$

$\Delta := \frac{0.0069 \cdot W_{LL} \cdot L^4}{E \cdot Icr} = 0.011\ mm$ $\delta := \frac{L}{360} = 8.333\ mm$ $conclusión := \text{if } \Delta < \delta \parallel \text{“Chequea”} \text{ else } \parallel \text{“No chequea”} = \text{“Chequea”}$

Carga muerta+viva

$E := 57100 \cdot Fc = (2 \cdot 10^{12})\ Pa$ $Icr := 0.35 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{min} \cdot {d_{min}}^3$

$\Delta := \frac{0.0069 \cdot (W_{LL} + W_{DL}) \cdot L^4}{E \cdot Icr} = 0.062\ mm$ $\delta := \frac{L}{240} = 12.5\ mm$ $conclusión := \text{if } \Delta < \delta \parallel \text{“Chequea”} \text{ else } \parallel \text{“No chequea”} = \text{“Chequea”}$

Tramo NS:

$L := 3\ m$ 2 tramos de 3 metros de longitud $Fy := 60\ ksi = (4 \cdot 10^8)\ Pa$ $Fc := 4\ ksi = (3 \cdot 10^7)\ Pa$

$d_{min} := \frac{L}{8} = 37.5\ cm$ Dimensiones: $d_{min} = 15\ in$ $b_{min} := 20\ cm = 8\ in$

Ancho tributario: $s := 5\ m$

Cargas: $DL := d_{min} \cdot 2400\ \frac{kgf}{m^3} = 8826\ Pa$ $DL = 184\ psf$ $W_{DL} := DL \cdot s = 44130\ \frac{N}{m}$ $W_{DL} = 3024\ \frac{lbf}{ft}$

$LL := 40\ psf = 1915\ \frac{N}{m^2}$ $W_{LL} := LL \cdot s = 9576\ \frac{N}{m}$ $W_{LL} = 656\ \frac{lbf}{ft}$

Combinaciones de carga:

$C1 := 1.3\ W_{DL} + 1.6 \cdot W_{LL} = 72691\ \frac{N}{m}$ $C1 = 4981\ \frac{lbf}{ft}$ $C2 := 1.4\ W_{DL} = 61782\ \frac{N}{m}$ $C2 = 4233\ \frac{lbf}{ft}$

$Cmax := max(C1, C2) = 72691\ \frac{N}{m}$

Efectos máximos:

$Mpos := \frac{Cmax \cdot L^{2}}{11} = 59474\ N \cdot m$ $Mneg := \frac{Cmax \cdot L^{2}}{10} = 65422\ N \cdot m$ $V := \frac{1.15\ Cmax \cdot L}{2} = 125391\ N$

Acero mínimo:

$As := \frac{(200 \cdot b_{min} \cdot d_{min})}{Fy \cdot 1000}$ $As_{min} := 0.4\ in^2 = 258\ mm^2$

$Nobarra := 4$ $Cantidad := 2$ $As := \frac{Cantidad \cdot 3.14}{4 \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2} \cdot in^2 = (4.052 \cdot 10^3)\ mm^2$

$BarraOK := \text{if } As > As_{min} \parallel \text{“CHEQUEA”} \text{ else } \parallel \text{“Aumentar area de acero”} = \text{“CHEQUEA}$

$\varphi := 0.90$ $d := d_{min} - 1.5\ in = 13.264\ in$ $a := \frac{As \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 357.495\ mm$

$\varphi M := \varphi \cdot As \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 239\ kN \cdot m$

Distancia al borde: $s1 := \frac{3}{4}\ in + \frac{1}{2}\ in + \frac{Nobarra \cdot in}{8} \cdot 2 = 57.15\ mm$ $s1 = 2.25\ in$

Distancia entre barras externas: $s2 := d_{min} - (2 \cdot s1) = 260.7\ mm$ $s2 = 10.264\ in$

Separación entre barras: $s3 := \frac{s2}{(Cantidad - 1)} - \frac{Nobarra}{8}\ in = 248\ mm$ $s3 = 9.764\ in$

Estribos 1/4" cada 20 cm

Refuerzo flexionante:

$Asp := \left(\frac{Cantidad \cdot 3.14}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) + \left(\frac{(Cantidad \cdot 3.14)}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) = 506.451\ mm^2$ Positivo

$Asn := \left(\frac{Cantidad \cdot 3.14}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) + \left(\frac{(Cantidad \cdot 3.14)}{4} \cdot \left(\frac{Nobarra}{8}\right)^2 \cdot 1\ in^2\right) = 506.451\ mm^2$ Negativo

$apos := \frac{Asp \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 44.687\ mm$ $aneg := \frac{Asn \cdot Fy}{0.85 \cdot Fc \cdot b_{min}} = 44.687\ mm$

$\varphi Mpos := \varphi \cdot Asp \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{apos}{2}\right) = 59\ kN \cdot m$ $\varphi Mpos := \varphi \cdot Asp \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{aneg}{2}\right) = 59\ kN \cdot m$

Resistencia a corte:

$Fc = (4 \cdot 10^3)\ psi$

$\varphi V := \frac{0.75 \cdot 2 \cdot Fc \cdot b_{min} \cdot d}{1000} = (3 \cdot 10^3)\ N$ $\varphi V = 1\ kip$

$conclusión := \text{if } \varphi V < V \parallel \text{“Refuerzo de corte”} \text{ else } \parallel \text{“Concreto chequea en corte”} = \text{“Refuerzo de corte”}$

Corte que resiste el acero de refuerzo:

$Barra := 4$ $As := \frac{2 \cdot 3.14}{4 \cdot \left(\frac{Barra}{8}\right)^2} \cdot 1\ in^2 = 4052\ mm^2$ $As = 6.28\ in^2$ $S := 2\ in$

$\varphi Vs := \frac{0.75 \cdot As \cdot Fy \cdot d}{S} = 8337\ kN$ $\varphi Vs = 1874\ kip$

$Vt := \varphi V + \varphi Vs = 8340\ kN$ $Vt = 1875\ kip$

$DC := \frac{V}{Vt} \cdot 100\% = 0.015$

$conclusión := \text{if } DC < 0.95 \parallel \text{“Chequea”} \text{ else } \parallel \text{“No chequea”} = \text{“Chequea”}$

Revisión de deflexiones:

Carga viva

$E := 57100 \cdot Fc = (2 \cdot 10^{12})\ Pa$ $Icr := 0.35 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{min} \cdot d_{min}^{3}$

$$\Delta := \frac{0.0069 \cdot W_{LL} \cdot L^4}{E \cdot Icr} = 0.011\ mm \qquad \delta := \frac{L}{360} = 8.333\ mm$$

$$conclusión := \begin{cases} \text{if } \Delta < \delta \\ \quad \text{“Chequea”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No chequea”} \end{cases} = \text{“Chequea”}$$

Carga muerta+viva

$$E := 57100 \cdot Fc = \left(2 \cdot 10^{12}\right) Pa \qquad Icr := 0.35 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{min} \cdot {d_{min}}^3$$

$$\Delta := \frac{0.0069 \cdot \left(W_{LL} + W_{DL}\right) \cdot L^4}{E \cdot Icr} = 0.062\ mm \qquad \delta := \frac{L}{240} = 12.5\ mm$$

$$conclusión := \begin{cases} \text{if } \Delta < \delta \\ \quad \text{“Chequea”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“No chequea”} \end{cases} = \text{“Chequea”}$$

2. Manual de construcción de la vivienda de madera. Se presenta el siguiente manual para el ensamblaje y construcción de la vivienda en madera; el contenido se presenta de una forma didáctica y de fácil interpretación para los pobladores de Caserío San Agustín, Morales, Izabal.

El manual presenta los siguientes puntos:

a) Seguridad del usuario y la de su familia Página 2
b) Pasos generales para la construcción Página 2
c) Esquemas de la vivienda Página 39
d) Recomendaciones finales Página 63
e) Resumen de materiales necesarios Página 64

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO:

1) Su seguridad y la de su familia
2) Pasos generales para la construcción
3) Esquemas de la vivienda
4) Recomendaciones finales
5) Resumen de materiales necesarios

NOTA ACLARATORIA

El siguiente manual se basa en el uso de madera Laurel, la cual abunda en gran cantidad en la zona, de existir escasez en la obtención de esta especie puede utilizar en su lugar madera San Juan o madera de pino.

SU SEGURIDAD Y LA DE SU FAMILIA

La buena construcción de una casa es cuestión de seguridad y de seguir unas sencillas instrucciones para garantizarle a usted y a su familia una vivienda segura ante catástrofes naturales como lo pueden ser un terremoto o un huracán. Y a pesar de que nadie esta exento de sufrir alguna consecuencia por fenómenos naturales, si puede salvar su vida y la de su familia. Por ello le presentamos esta guía práctica para la construcción de su casa en madera. Encontrará fotos, dibujos y detalles de como debe verse al final y una ayuda paso a paso de como construirla.

PASOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CASA

1. NIVELACIÓN DE TERRENO

Como primer paso, deberá nivelar el terreno donde se construirá la casa, una buena compactación le ayudará a evitar rajaduras en el suelo o hundimientos en el futuro. Despeje el terreno cortando monte, removiendo tierra negra y vegetación, troncos y raíces en el área donde se construiría. Debe quedar limpio, y sin rocas mayores a 5 centímetros de diámetro y sin ningún tipo de material orgánico. Asegúrese de no construir cerca de un río o corriente de agua, tampoco construya en laderas muy con pendientes muy pronunciadas. Estando limpio el terreno, puede nivelarlo.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Apisonador manual para compactar.
2) Agua para humedecer el terreno.
3) Un hilo de pescar para línea de nivel.
4) Arena de río limpia.
5) Tablones de madera de 12”X1”.
6) Estacas de madera de 3”X3”.
7) Escuadra.
8) Metro de medición.
9) Tiza y cal.

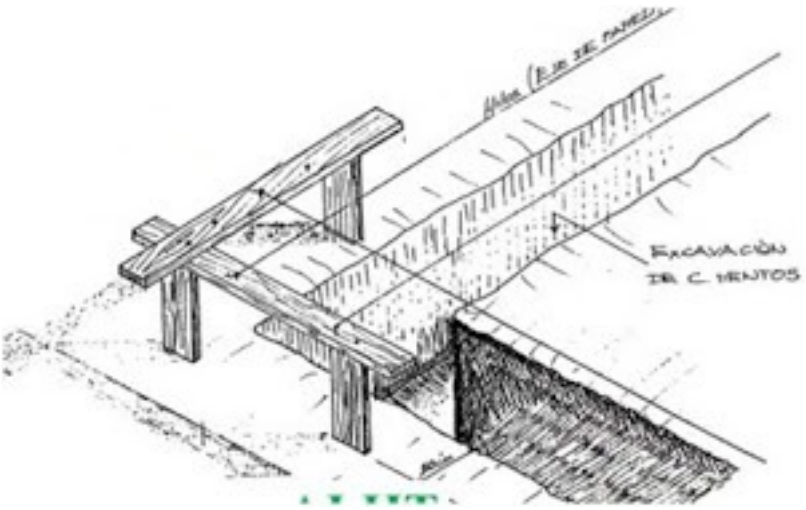
Pasos para nivelación de terreno:

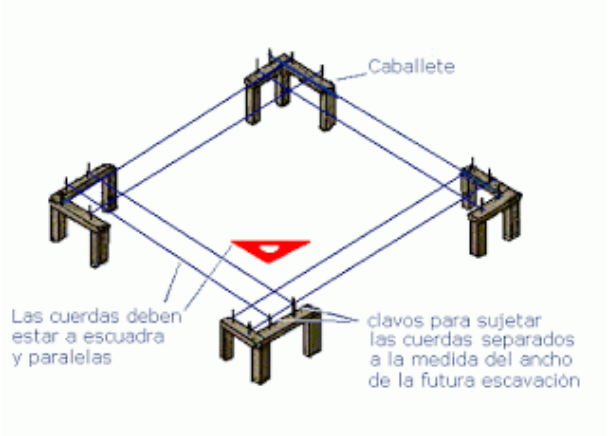
1) COLOCAR RECUBRIMIENTO DE ARENA O MATERIAL SELECTO:

Coloque en el terreno limpio una capa de material selecto entre 15 cm y 20 cm de espesor.

2) COLOCACIÓN DE PUENTES DE MADERA:

Los puentes son soportes que utilizará para colgar un hilo de pescar en cada lado del terreno para nivelarlo. La siguiente imagen le ilustrará como son estos puentes:



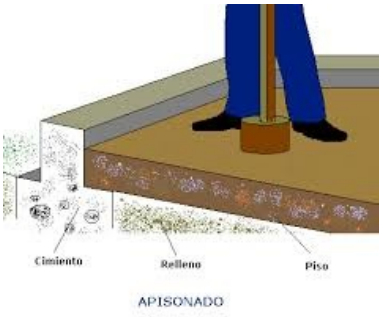


Coloque los puentes en cada esquina del terreno como se muestra en la figura de arriba, todas las tablas deben estar al mismo nivel. Clave un clavo en el centro de la tabla de arriba y haga lo mismo con los demás puentes. Todos los clavos tienen que estar alineados entre si, es decir a escuadra el uno con el otro.Amarre el hilo de pescar a los clavos de los puentes , estos hilos deben estar retirados por lo menos a 1 metro fuera del trazo de la casa. Para indicar el nivel al que deberá llegar el suelo, utilice las lineas que ya colocó en los puentes y baje una línea perpendicular hasta el nivel que llegará el suelo y clave una estaca en el piso para indicar que hasta ese punto deberá nivelar el material selecto, recuerde que el suelo tendrá una capa de material de 15 centímetros.

LÍNEA DE NIVEL EN EL TERRENO. A ESE NIVEL TIENE QUE LLEGAR LA TIERRA.

3) COMPACTAR EL SUELO:

Utilice un apisonador para comenzar a compactar, golpee de manera uniforme el suelo para que mantenga



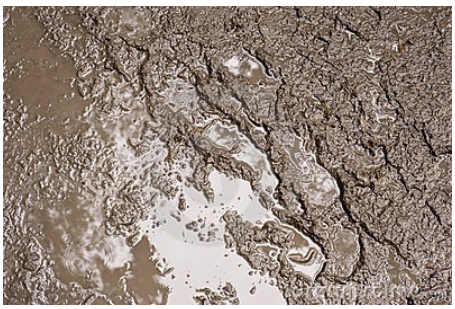
APISONADO

el mismo nivel en todo el terreno. Compacte en linea recta, no compacte en forma desordenada, más bien siga un patrón de línea recta y al llegar a la parte opuesta del terreno comience nuevamente en una nueva linea. Haga un patrón en forma de cuadricula, de atrás para adelante y de derecha a izquierda. Utilice un hilo de pescar y amárrelo a una estaca, clávelo en la tierra a 7 centímetros de altura, para saber que a ese nivel deberá llevar la nivelación del terreno.

4) HUMEDECER EL TERRENO:

Hágalo de tal forma que no se sature de agua el terreno y se formen pozas de agua o se vuelva lodoso. La forma de saber si ya humedeció el terreno lo suficiente es observando que la tierra tenga un color uniforme y que ningún viento pueda levantar el polvo.

SUELO HUMEDECIDO CORRECTAMENTE



SUELO HUMEDECIDO INCORRECTAMENTE

2. Excavación de zanjas

La casa necesitará tener una solera en todo el perímetro, está será de concreto y servirá como cimiento para la casa pero para ello necesitará hacer la zanja donde se construirá.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Pala.
2) Agua para humedecer el terreno.
3) Un hilo de pescar para línea de nivel.
4) 1 metro cúbico de arena de río limpia.
5) Cal.
6) Apisonador.

PASOS PARA EXCAVACIÓN DE ZANJAS:

1) TRAZO:

Trace con cal el lugar donde se excavarán las zanjas. Haga la marca del ancho de la solera, osea 20 centímetros.

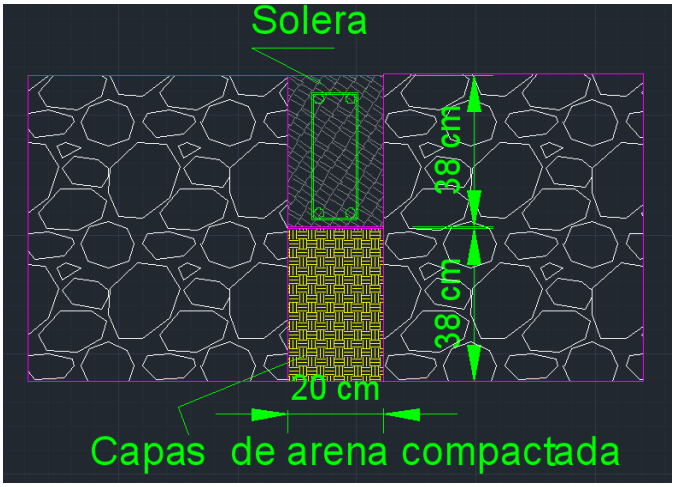
2) ABRIR LA ZANJA:

Abra la zanja en todo el perímetro de la casa de 20 centímetros de ancho y 76 centímetros de profundidad, el ancho de la zanja es igual a la medida del ancho de la solera para evitar el uso de una formaletas de madera y poder verter el concreto directamente en la zanja.

3) RELLENAR CON ARENA:

Al tener la zanja abierta y con las medidas correctas lo siguiente es rellenar con el mismo material con el que niveló el terreno. Rellene por capas de 10 centímetros y compacte humedeciendo cada capa con agua, es decir coloque material selecto hasta una profundidad de 10 centímetros, humedézcalo y compáctelo, repita el proceso volviendo a colocar otros 10 centímetros de material y vuelva a compactar, haga esto hasta alcanzar una altura de material de 40 centímetros aproximadamente. Estas capas de base deben humedecerse con agua, de la misma manera que humedeció el terreno después de nivelarlo.

Utilice una marca con un hierro o estaca de madera que le indique hasta donde llegan los 10 centímetros de cada capa.



3. CONCRETO PARA FUNDICIÓN DE SOLERA Y PISO

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Pala.
2) 16 galones de Agua.
3) Cernidora o arenero.
4) 1 metro cúbico de arena de río limpia o material selecto bien granulado.
5) 2 metros cúbicos de piedrín de 1/2 pulgada.
6) 14 sacos de cemento.

7) Apisonador manual.

8) 5 Varillas de hierro No.4 de 6 metros cada una.

9) 161 Estribos de 1/4 de pulgada de diámetro y 84 centímetros de largo.

10) Alambre de amarre.

11) Caja de madera de 1 pie cúbico. (pariguela)

12) 45 tornillos Hilti de 1/2 pulgadas de diámetro y 20 centímetros de largo.

13) 20 tornillos Hilti de 1/2 pulgadas de diámetro y 5 centímetros de largo.

14) Taladro con brocas de 1/2 pulgada de diámetro.

15) Marcador negro grueso.

16) 28 Reglillas de 2”X4”.

17) 1 Rollo de recubrimiento asfáltico.

PASOS PARA FUNDICIÓN DE SOLERA Y PISO

Las proporciones de cada material son: 1 de cemento, 3/4 de agua, 2 1/2 de piedrín, y 2 2/4 de arena. Utilice la caja de madera para las proporciones, sepa que llenando la caja con cualquiera de los materiales tendrá una porción de ese material que equivale a 1. Si necesita 3/4 por ejemplo, llene la caja a 3/4 de su capacidad.

1) HACER UN VOLCÁN DE ARENA (CAMELLON):

Lo primero es hacer un idealmente en el centro del terreno un volcán de arena, depositar ahí el cemento y revolver cada

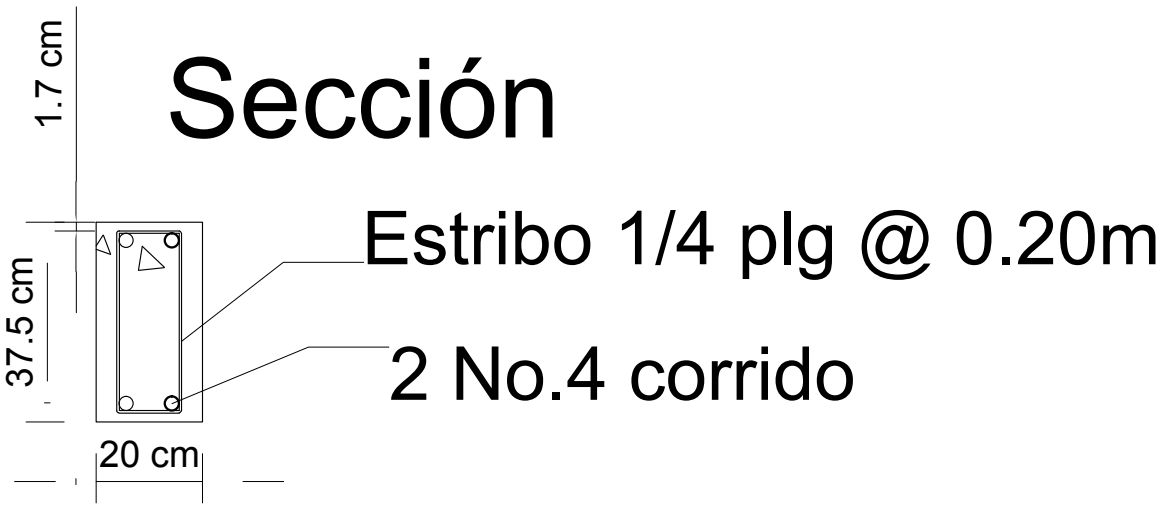
bachada y colocar luego el piedrín en el centro.

2) REVOLVER EL PIEDRÍN, ARENA Y CEMENTO:

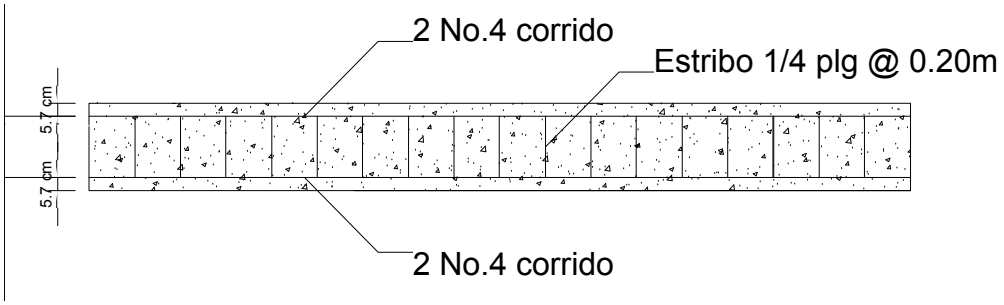
Revuelva el piedrín, arena y cemento junto con agua de tal manera que la mezcla no le quede ni muy dura ni muy blanda, respete las medidas de proporción dadas en los planos para que pueda tener una mezcla óptima

3) ARMAR LA ARMADURA DE HIERRO:

Realice el armado de los hierros como se ve en los diagramas siguientes, es muy importante que usted sea cuidadoso de respetar las medidas que se le indican. El número de estribos total por cada solera es



1 4 para los



para el lado largo y 9 el lado corto.

Arme según planos:

4) COLOCAR LA ARMADURA EN LA ZANJA:

La armadura debe ser colocada en la zanja de tal manera que quede levantada del suelo 5.7 centímetros que es la distancia a la que deberá haber de recubrimiento de concreto arriba y debajo de ella. Para distanciar la armadura del piso de la zanja utilice tacos de concreto o piedras, de la **misma dimensión.** No utilice blocks ni ningún otro material para levantar la armadura.

5) VERTER EL CONCRETO EN LA ZANJA:

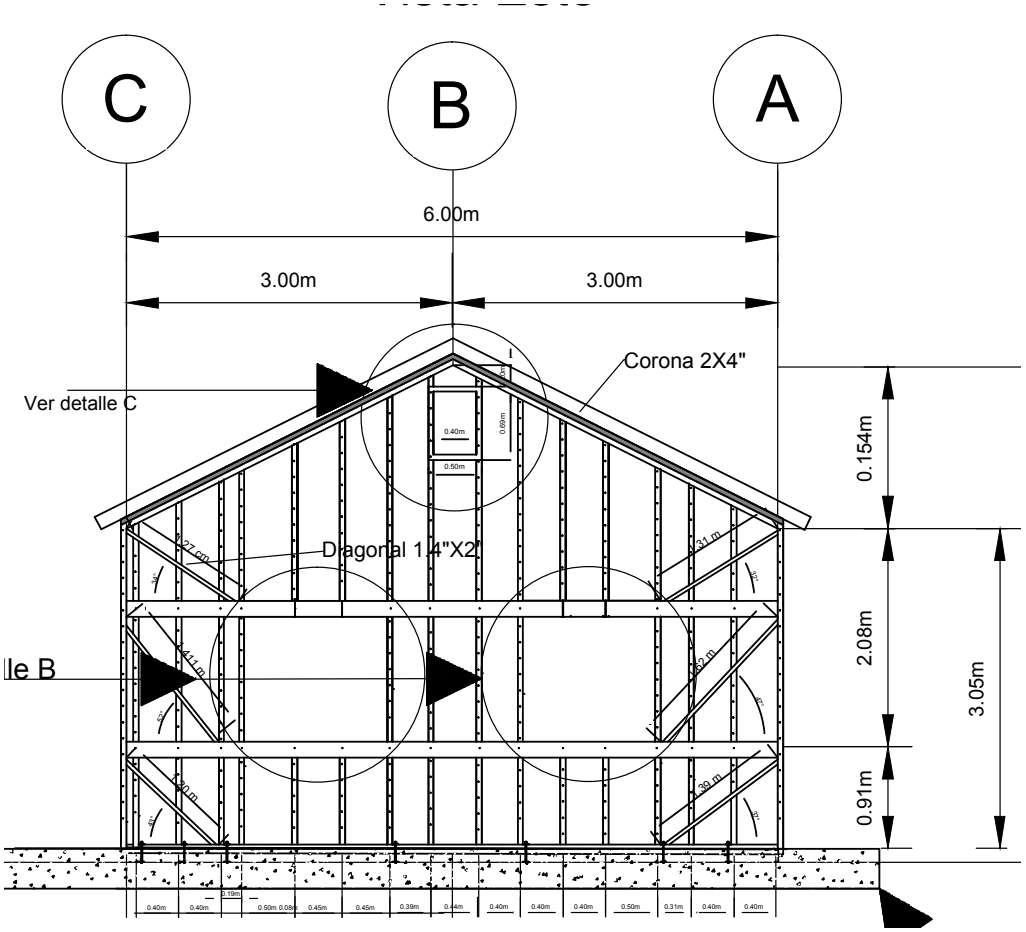
Una vez que se tenga la armadura colocada en la zanja, comience a verter el concreto de forma uniforme y con una varilla de acero vibrelo, esto significa que meta y saque la varilla del concreto varias veces en un área, debe hacerlo en todas las zanjas conforme se va vertiendo el concreto.

6) COLOCAR LOS CONECTORES Y EL RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO EN EL CONCRETO FRESCO

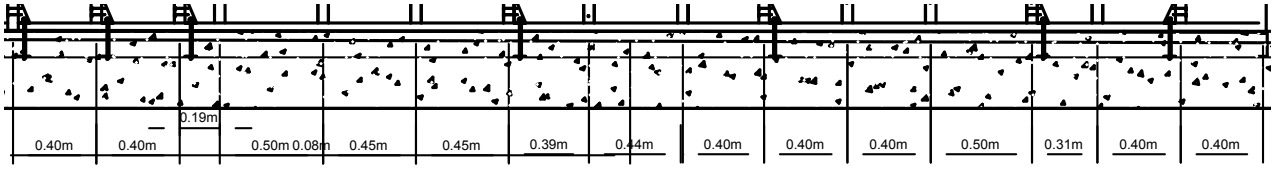
Junto con el vertido de concreto deberá colocar los conectores que irán anclados a la estructura de las paredes de la casa. Deberá colocar sobre el concreto fresco primeramente el recubrimiento asfáltico para evitar el humedecimiento de la reglilla. Luego de esto instale la reglilla inferior de madera con los conectores ya instalados e insértelos en el concreto fresco para que la mezcla fragüe en conjunto con los conectores. El detalle de cómo es el conector está en más adelante en este manual.

Los conectores a utilizar son tipo Hilti de 1/2” de diámetro y la reglilla inferior tendrá dimensiones de 2”X4”. Utilice un taladro para perforar los agujeros y montarla sobre los pernos, respete las distancias dadas, estas distancias se miden desde el centro del perno hasta el centro del siguiente perno, le será de utilidad marcar una X con un marcador para saber dónde perforar, comience a medir donde perforará desde el inicio de la reglilla hasta el primer punto. Debe perforar cada agujero un poco más ancho que el perno, por lo que puede hacerlo con 1/16 de pulgada más grande para que el perno pueda entrar dentro del agujero en forma fácil y que a su vez este apretado. en los diagramas siguientes podrá apreciar las distancias a las que debe colocar cada perno:

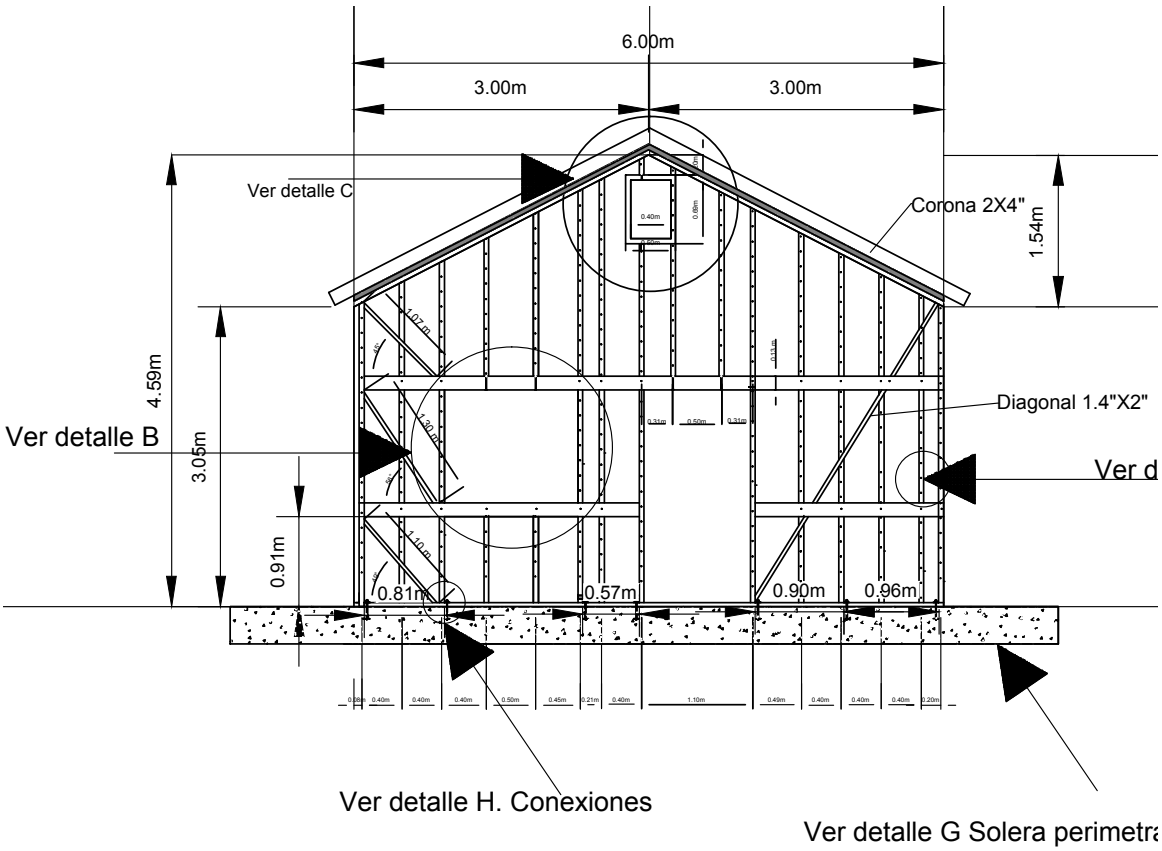
ESQUEMA DE LADO CORTO 1



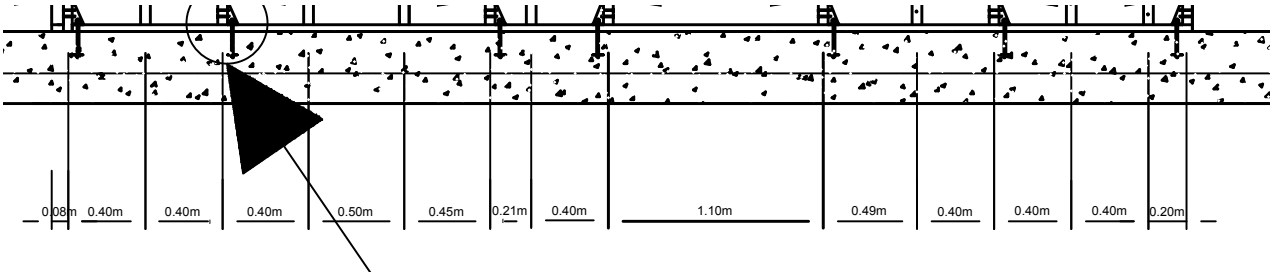
DISTANCIA A LA QUE DEBE IR CADA CONECTOR EN EL LADO CORTO 1



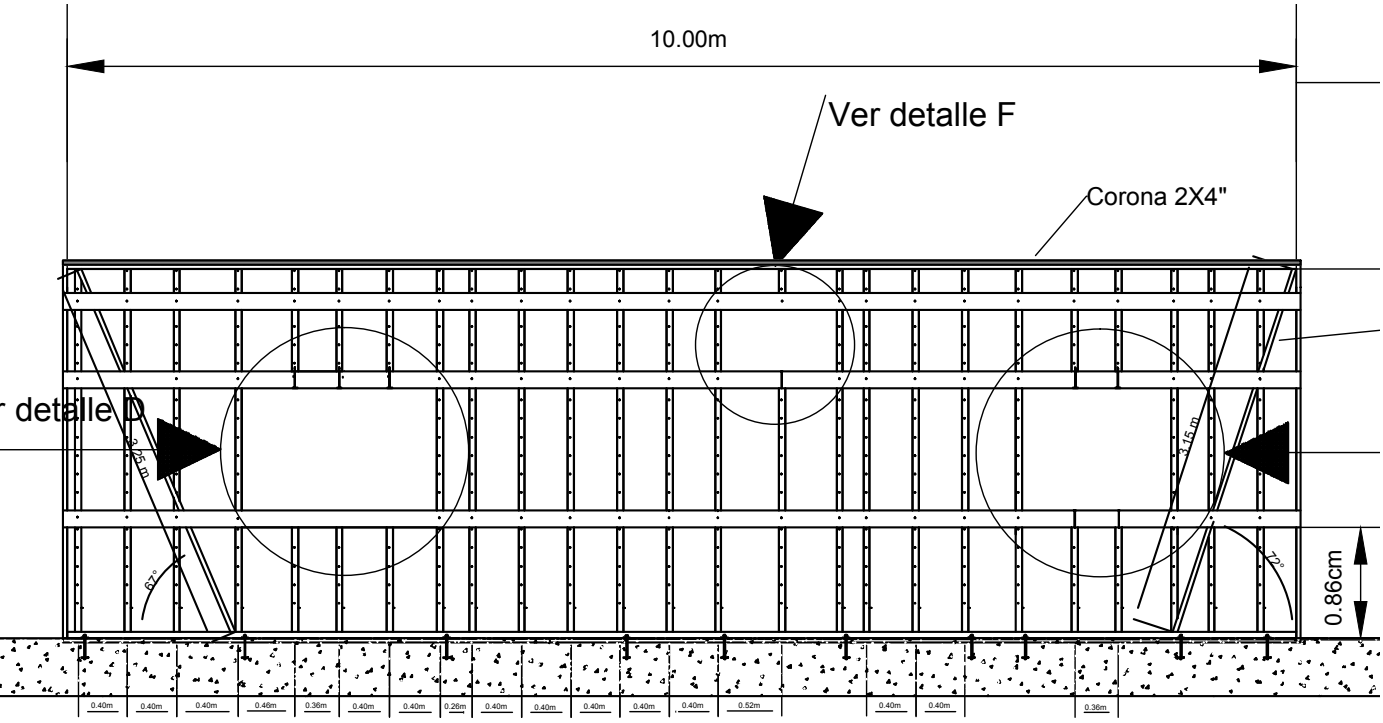
ESQUEMA DE LADO CORTO 2



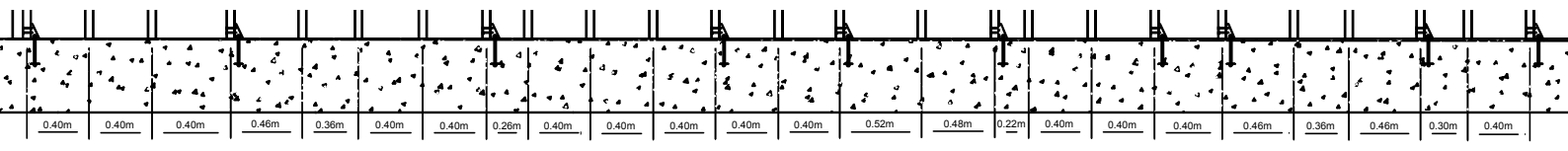
DISTANCIA A LA QUE DEBE IR CADA CONECTOR EN EL LADO CORTO 2



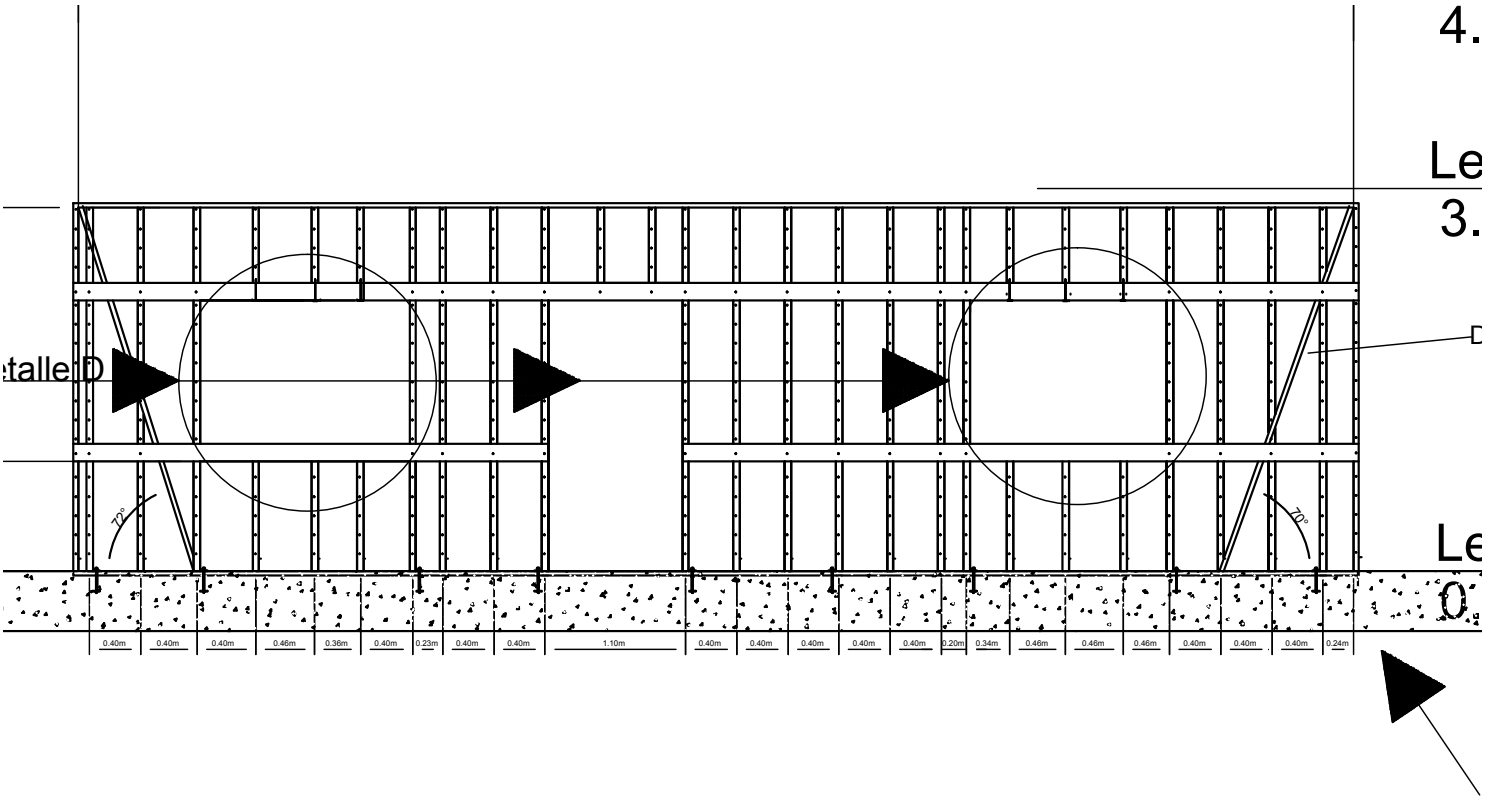
ESQUEMA DE LADO LARGO 1



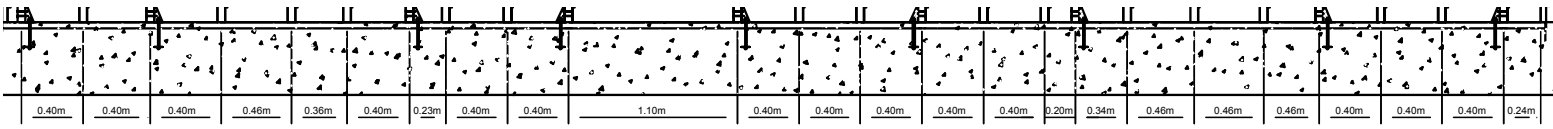
DISTANCIA A LA QUE DEBE IR CADA CONECTOR EN EL LADO LARGO 1



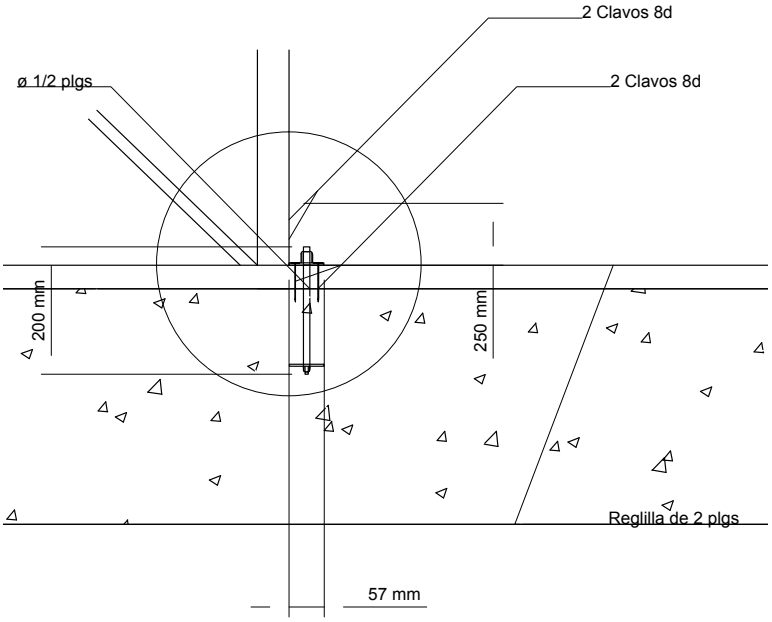
ESQUEMA DE LADO LARGO 2



DISTANCIA A LA QUE DEBE IR CADA CONECTOR EN EL LADO LARGO 2



Detalle de las conexiones en la reglilla inferior



7) SECADO DE CONCRETO (FRAGUADO):

Después de haber vertido el concreto en todas las zanjas, y colocado la reglilla inferior,debe dejarlo secar por lo menos 7 días para que alcance la resistencia requerida.

4. ARMADO DE PANELES

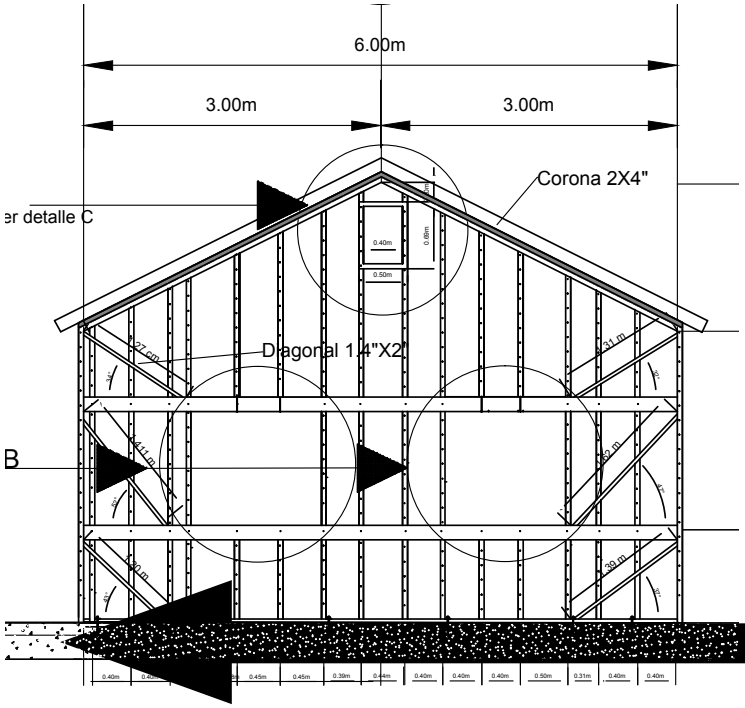
Mientras espera a que el concreto de la solera seque, arme los paneles de la casa.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Martillo.
2) 500 Clavos 2.5 pulgadas de largo y diámetro de 0.13 pulgadas.
3) 100 Clavos 4 pulgadas de largo y diámetro de 0.20 pulgadas.
4) 132 puntales de madera de 4 pulgadas de alto X 2 pulgadas de ancho y largos variables. (Entre 4.50 metros y 3.05 metros).
5) Metro.
6) 4 puntales de 13 pulgadas alto X 2 pulgadas de ancho y 1.50 metros de largo.
7) 14 puntales de 1.4 pulgadas X 4 pulgadas y 4 metros de largo.
8) Marcador grueso.
9) 51 Cuñas de 25 cm X 5.7 cm.

PASOS PARA ARMAR LOS PANELES DE LA CASA

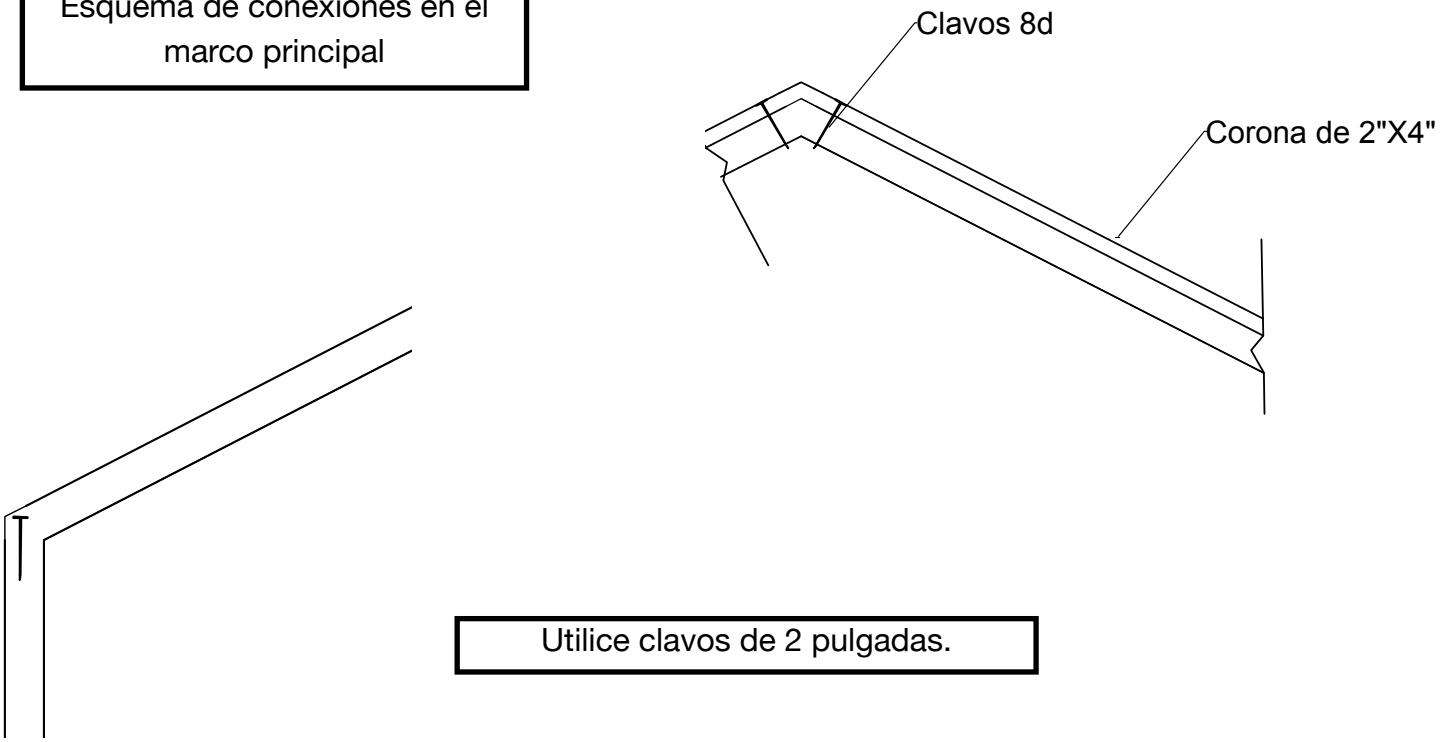
1) PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS PARA CADA PANEL:



Cada panel tiene una serie de puntales diagonales,verticales y horizontales que conforman cada pared, para ello necesita cortarlos de ciertas medidas. Lo principal es que usted corte los puntales a la medida que indican los planos, la mayoría de los puntales de la casa son del mismo largo, pero preste especial atención a los puntales de las caras cortas de la casa, ya que estos si necesitan ser cortados en distintos tamaños, para ello arme cada cara en el suelo. Comience con las caras cortas de la casa, arme el marco principal y utilícelo como guía para cortar las demás piezas como se muestra a continuación:

Marco principal

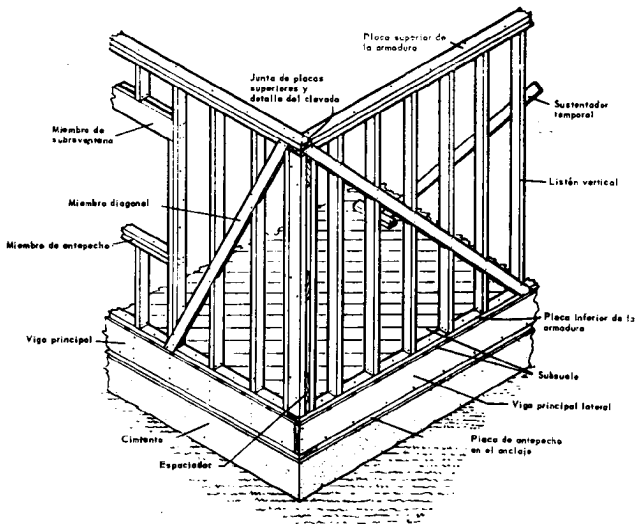
Esquema de conexiones en el marco principal



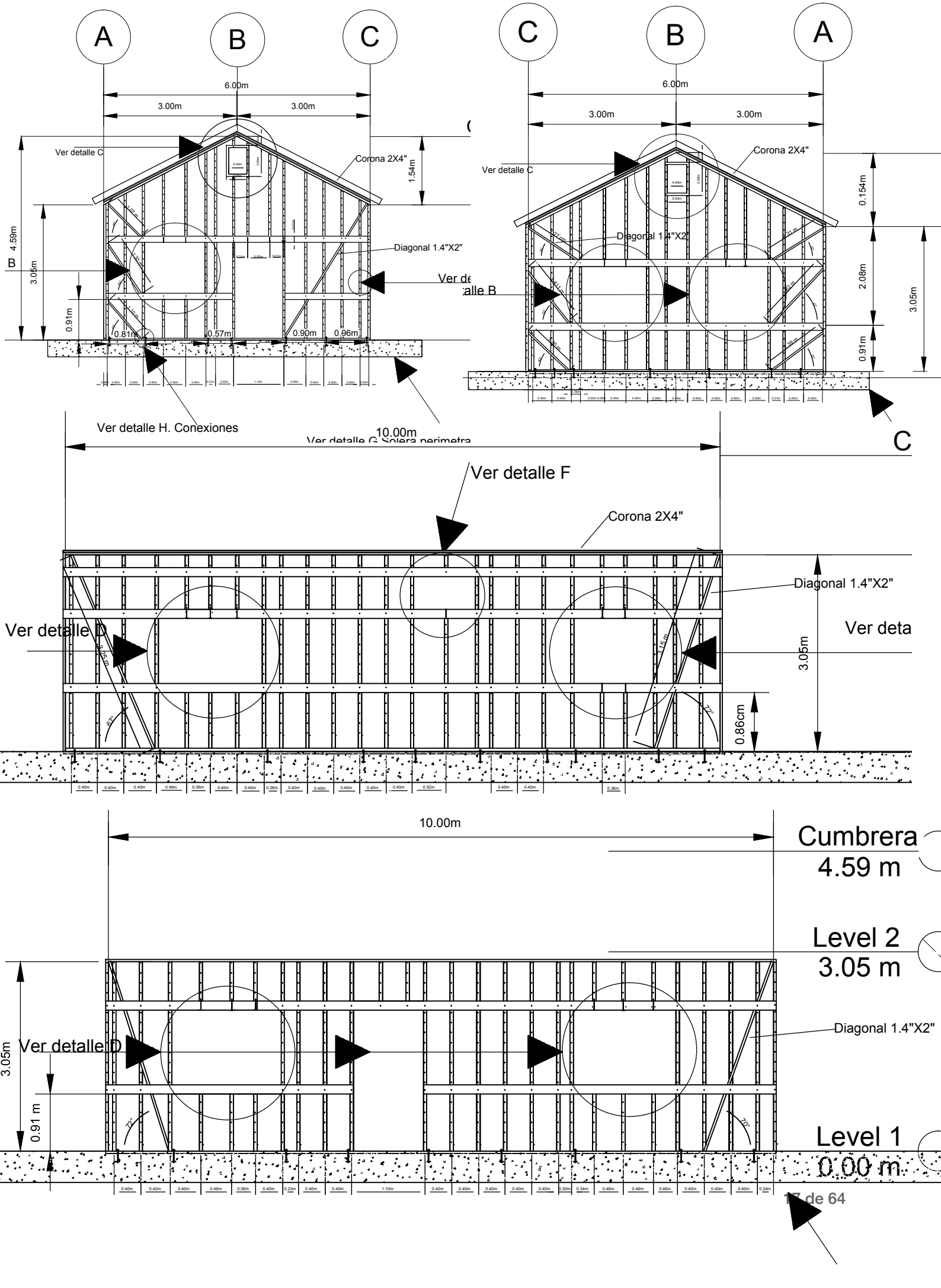
Utilice clavos de 2 pulgadas.

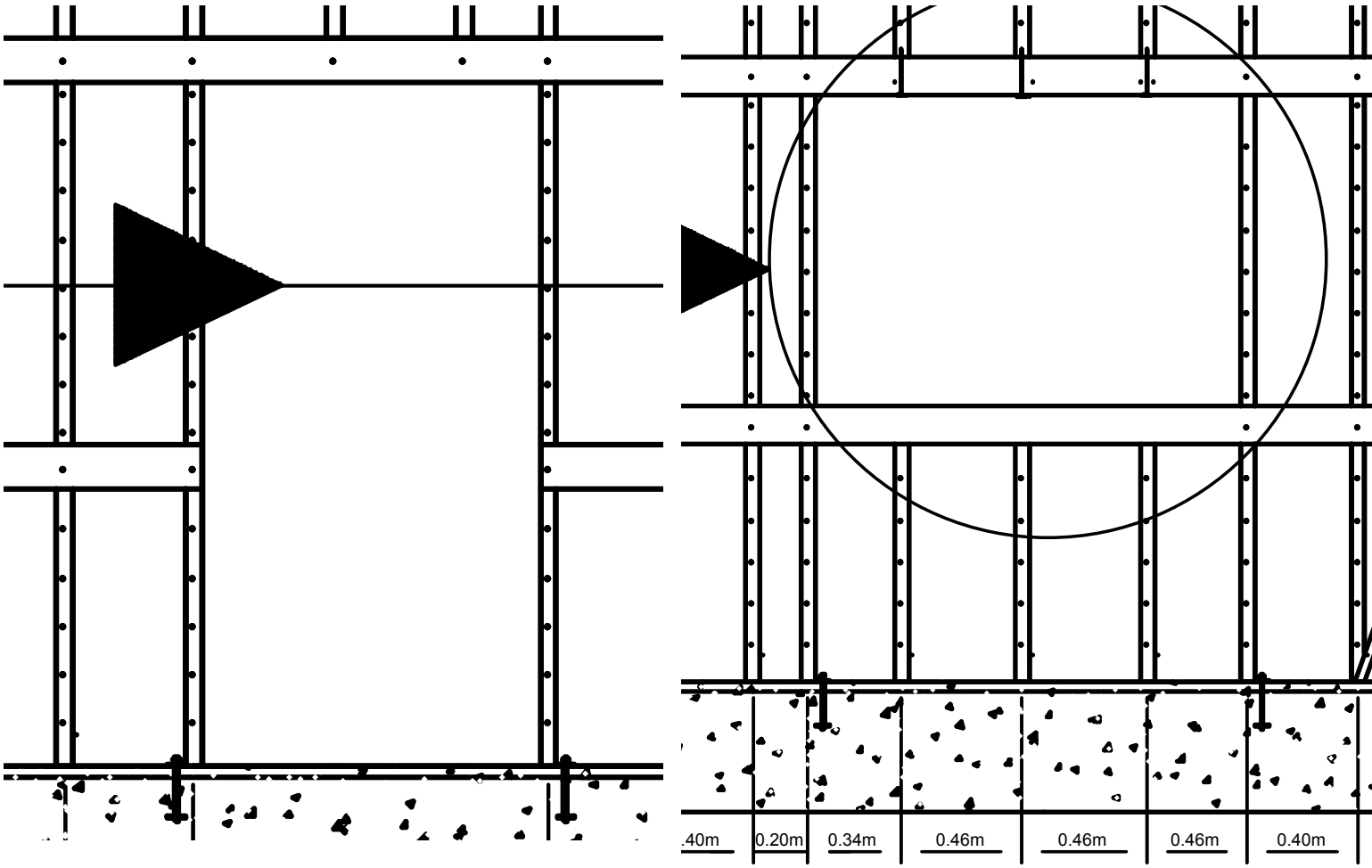
El marco principal irá clavado entre si con clavos de 2 pulgadas de largo y 0.13 pulgadas de diámetro, arme el marco principal y corte la pieza más larga de puntal que va en el centro, esta pieza es de 4.5 metros, corte todas las otras piezas incluyendo las diagonales que observa en los diagramas. Para conectar los elementos del marco principal utilice clavos , el detalle de como conectarlos se muestra en el diagrama de arriba. **La reglilla superior** en los paneles del lado largo serán del tamaño de las costaneras de la casa (2”X3”), este detalle también se presenta en una imagen más adelante en este manual y a su vez todos los paneles llevan una reglilla que es de la misma dimensión que los puntales, esto es de 2”X4”. Las dimensiones de los marcos principales de las dos caras cortas son iguales que los de la reglilla inferior.

Para las diagonales, vea en los esquemas por qué puntales va a atravesar cada uno y corte ese puntal para que la diagonal pase por la parte de atrás del mismo. No lo corte en dos, más bien corte el puntal vertical de tal manera que quede un agujero de la forma de la diagonal para atravesar el puntal.



Armado de los paneles en el piso


A
B
C
6.00m
3.00m
3.00m
Ver detalle C
Corona 2X4"
1.54m
4.59m
3.05m
B
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle B
0.91m
0.81m
0.57m
0.90m
0.96m
Ver detalle H. Conexiones
10.00m
Ver detalle G Solera perimetra
C
B
A
6.00m
3.00m
3.00m
Corona 2X4"
Ver detalle C
0.154m
Diagonal 1.4"X2"
2.08m
3.05m
0.91m
C
Ver detalle F
Corona 2X4"
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle D
Ver deta
3.05m
0.86cm
10.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle D
3.05m
0.91 m
Level 1
0.00 m



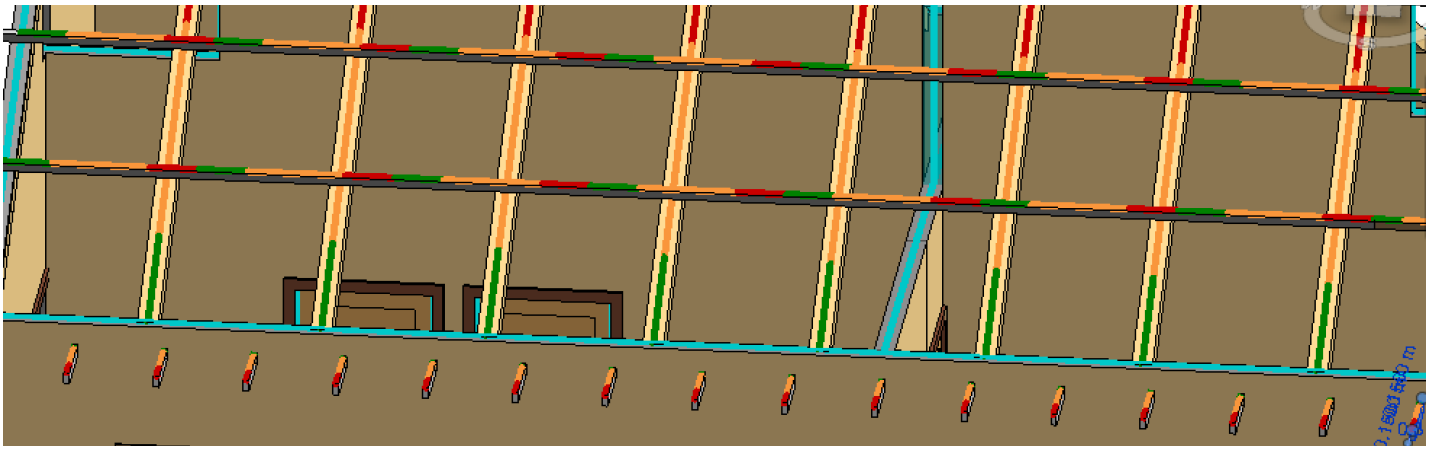
Haga lo mismo con todos los paneles de la casa, en el caso de los paneles del lado largo como la figura de arriba, todos los puntales son del mismo largo, por lo que puede armar el panel completo. **Tenga cuidado de utilizar los puntales de la medida correcta para los dinteles de las ventanas ya que estos si son más gruesos, sus medidas son de 13”X6”, no descuide ese detalle ya que los dinteles soportan mayor peso en el marco de la pared. Use los planos adjuntos para ver con mas detalle todas las medidas y especificaciones explicadas aquí.**

Clave los puntales a la reglilla inferior y superior con clavos de 2 pulgadas de largo en el centro de la sección de cada puntal, arme todo el panel y asegurase de que todos los puntales tengan sus clavos en los extremos.

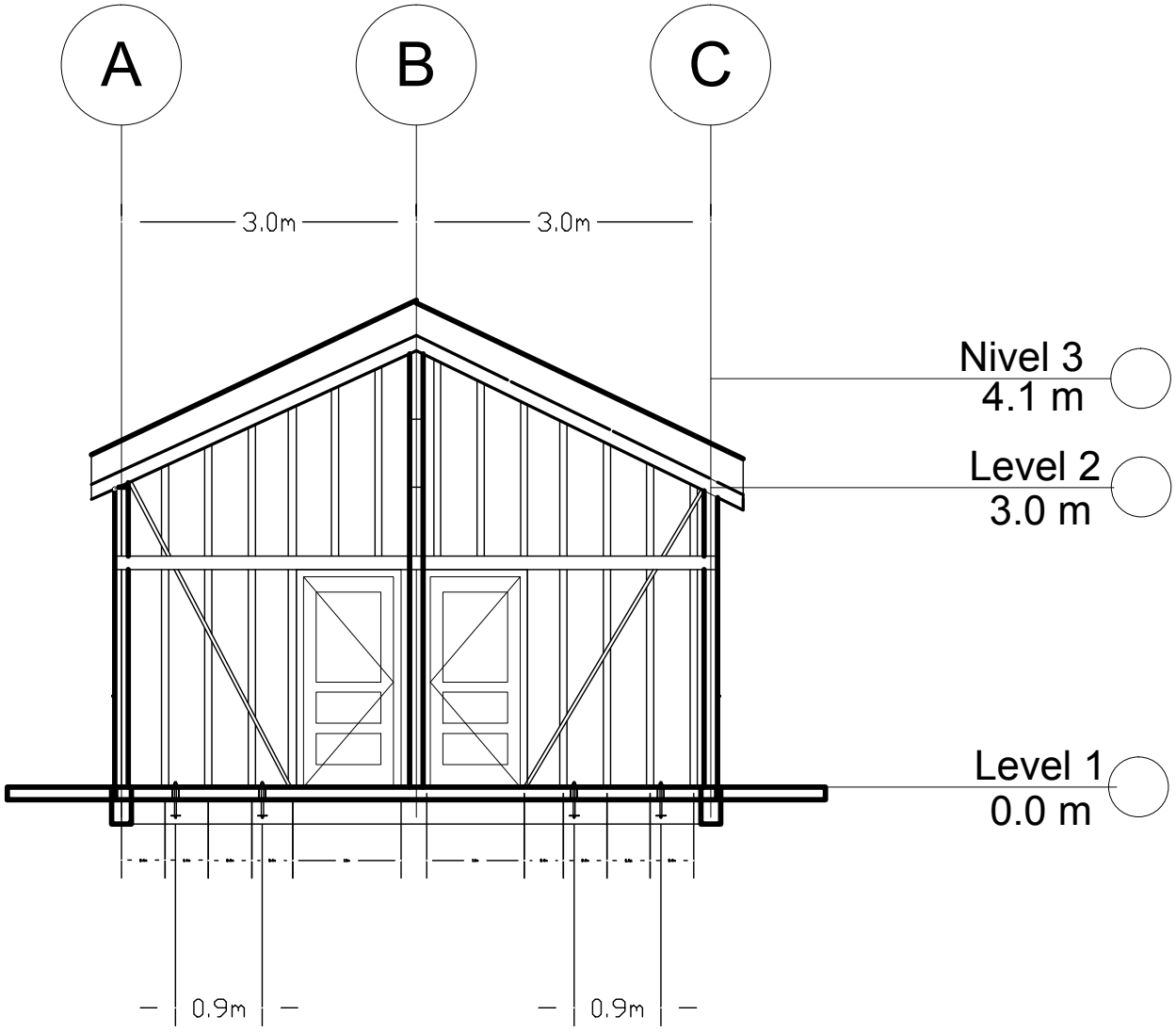
Es importante que respete la distancia de cada puntal, no deje un espacio mayor al indicado en los esquemas, ya que esto pone en riesgo la seguridad de la estructura.

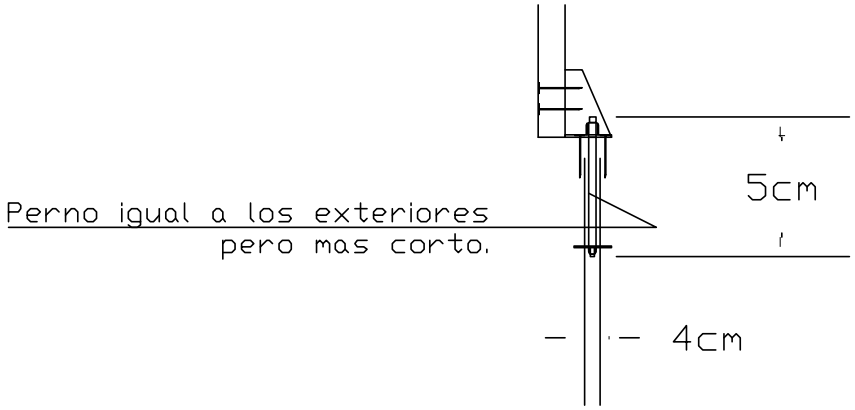
Los puntales que van arriba de los dinteles y en los sillares de las ventanas son clavos más largos, estos serán clavos de 4 pulgadas de largo que irán clavados como se muestra en la figura de la derecha.

Sobre la reglilla superior de las caras largas que dijimos será de la misma dimensión que las costaneras, irán colocadas una de las vigas del techo, ese detalle se presenta a continuación:



Paneles interiores

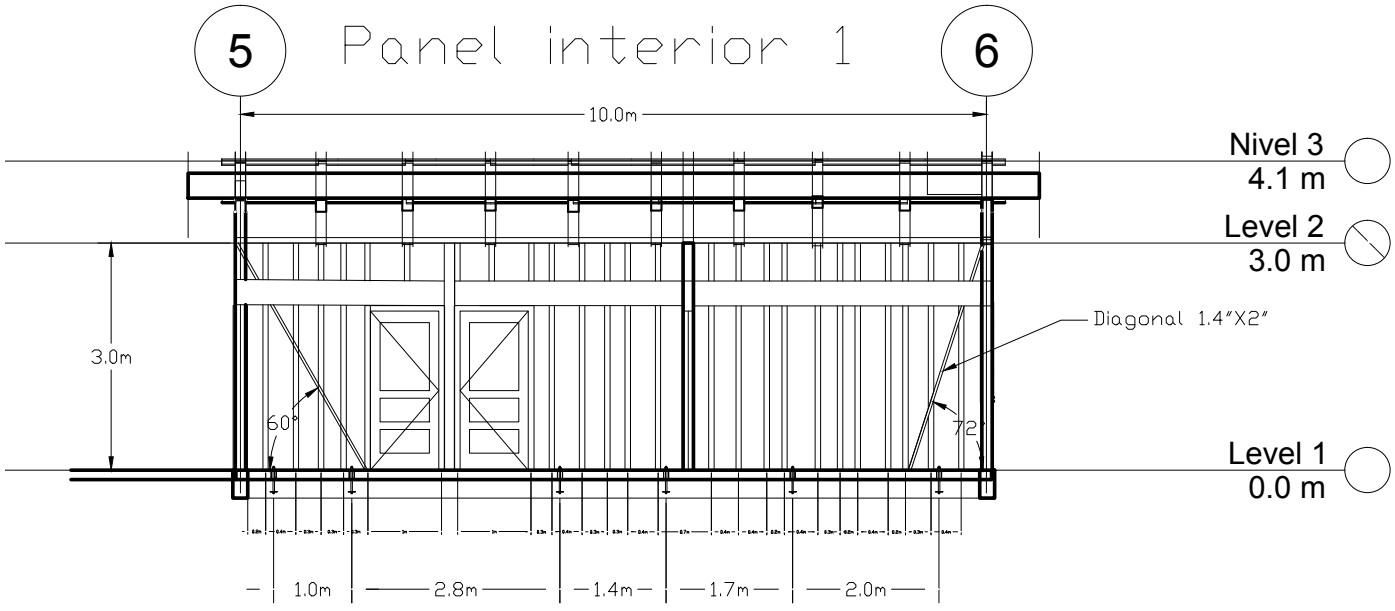




Los paneles interiores también se conectan al piso como los exteriores pero los pernos son más cortos (5 centímetros), lo demás es igual.

Paneles interiores

5. FUNDICIÓN DE LA LOSA DE PISO

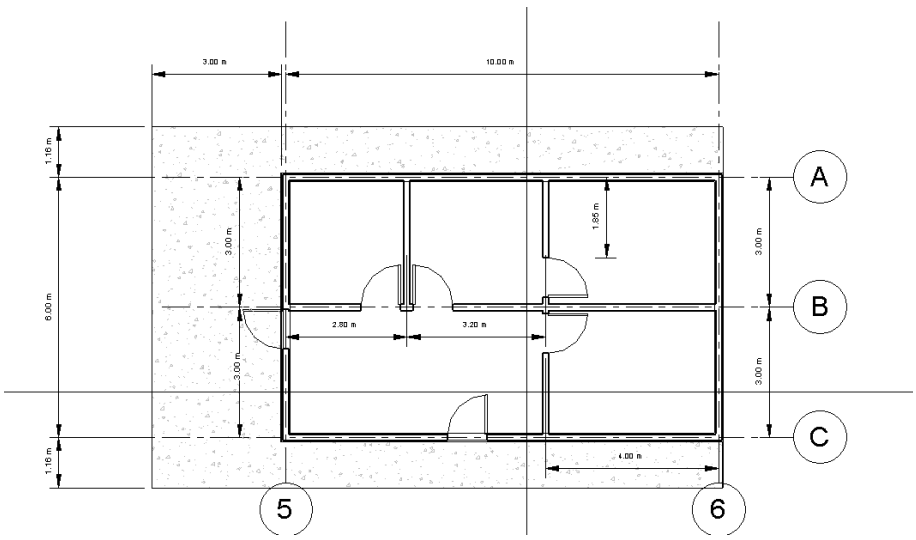


Estando el terreno nivelado y compactado, y el concreto de la solera ya seco, puede fundir el piso de la casa. La casa cuenta con un área de losa que queda fuera, para ser utilizada como patio, esta parte va incluida en los materiales para fundición.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Pala.
2) 57 galones de Agua.
3) Cernidora o arnero.
4) 5 metros cúbicos de arena de río limpia o material selecto bien granulado.
5) 6 metros cúbicos de piedrín de 3/8 de pulgada.
6) 49 sacos de cemento.
7) Apisonador.
8) 12 planchas de electromalla de 6”X6”X3/16” y 6mts X 2.3 mts.
9) Caja de madera de 1 pie cúbico. (pariguela)
10) 12 Reglillas de 1 1/2” X 2 1/2”.
11) Cuchara.
12) Plancha de acero.
13) Nivel.

Planta actual de la casa con patio.

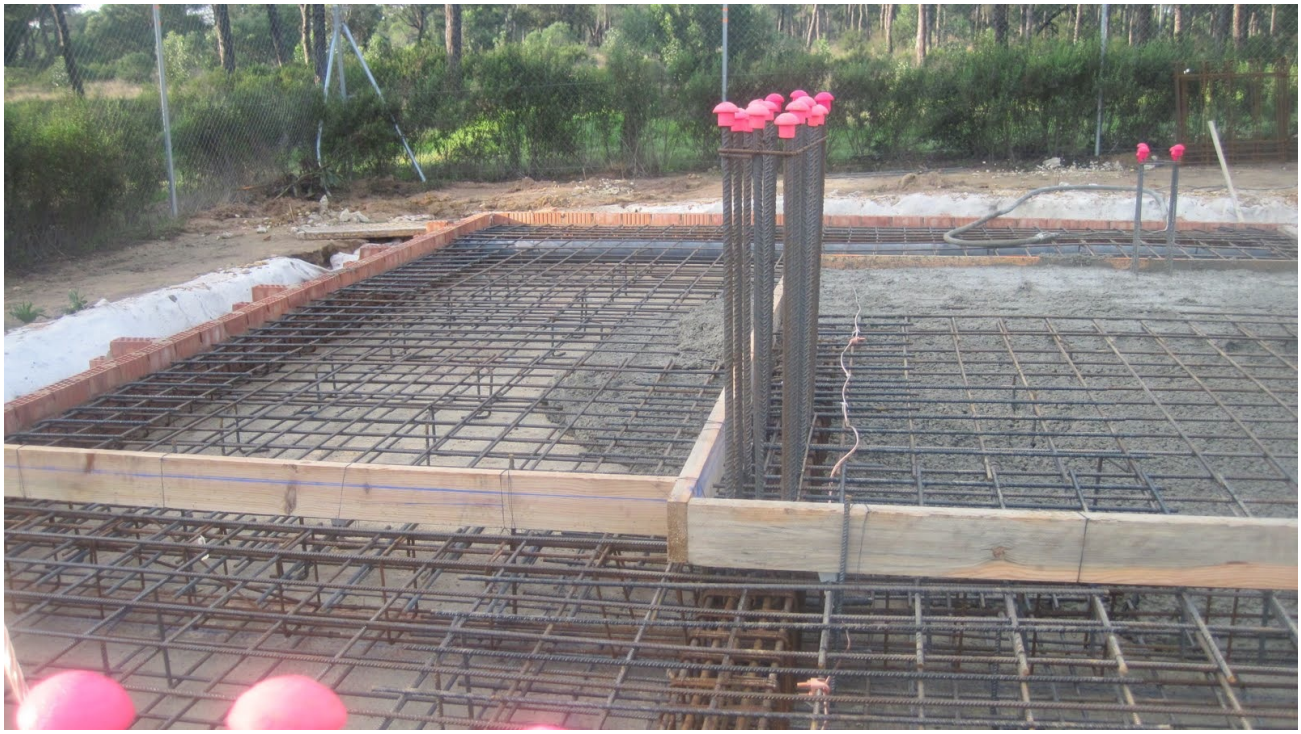


PASOS PARA FUNDICIÓN DE SOLERA Y PISO

Las proporciones de cada material son: 1 de cemento, 3/4 de agua, 2 1/2 de piedrín, y 2 2/4 de arena. Utilice la caja de madera para las proporciones, sepa que llenando la caja con cualquiera de los materiales tendrá una porción de ese material que equivale a 1. Si necesita 3/4 por ejemplo, llene la caja a 3/4 de su capacidad.

1) COLOCAR REGLILLAS DE 1 1/2” X 2 1/2”

Forme varios cuadros de 3X3 metros (es el máximo) con las reglillas en el piso nivelado de la casa, y repita el proceso para unas 4 más, la idea es que forme una especie de cajitas en en el suelo, el motivo de esto es porque no puede fundir la losa completa, ya que si lo hace así, esta se rajará al secar el concreto y por el calor del fraguado. Por lo tanto tendrá que fundir por partes, con segmentos de 3X3 metros.



2) PREPARAR MEZCLA DE CONCRETO:

Prepare la mezcla de concreto siguiendo las proporciones dadas y manténgalo listo. Las proporciones de cada material son: 1 de cemento, 3/4 de agua, 2 1/2 de piedrín, y 2 2/4 de arena.

3) INSTALACIÓN DE ELECTROMALLA:

Corte la electromalla para que quepa en los cuadros que formo con las reglillas de madera y coloquelo dentro, esta debe quedar al centro del piso, a 3.5 centímetros del suelo, puede utilizar tacos para separarla del suelo como se hizo en la instalación del refuerzo de la solera.

4) PREPARACIÓN DE LOS ARRASTRES:

Los arrastres son reglas de madera cepilladas y totalmente rectas que sirven para alisar la superficie del concreto. Corte una tabla que tenga una dimensión de aproximadamente 1 metro de largo y utilícela como arrastre. Mantenga eso listo mientras vamos al siguiente paso.

5) VERTIDO DEL CONCRETO:

Humedezca el suelo para que no se levante polvo. Vierta el concreto fresco en cada cuadro que hizo y espere a que este esté un poco sólido, quitelas cuando el concreto se ponga un poco sólido, basta dejarlo secar un día para eso, y retire las reglillas que lo rodean y llene de mezcla los espacios que dejaron estas. Pase por encima del concreto fresco el arrastre y para nivelar y dejar que se seque completamente.Coloque las reglillas formando un nuevo cuadro al lado, para ir fundiendo el piso poco a poco, repita este proceso con cada cuadro hasta que la losa este completamente terminada. **TENGA CUIDADO DE NO DEJAR LA REGLILLA HASTA QUE EL CONCRETO SEQUE TOTALMENTE, DE LO**

CONTRARIO AL TRATAR DE QUITAR LA REGLILLA QUEDARÁ UNA HENDIDURA EN EL PISO.

6) ACABADO DEL PISO:

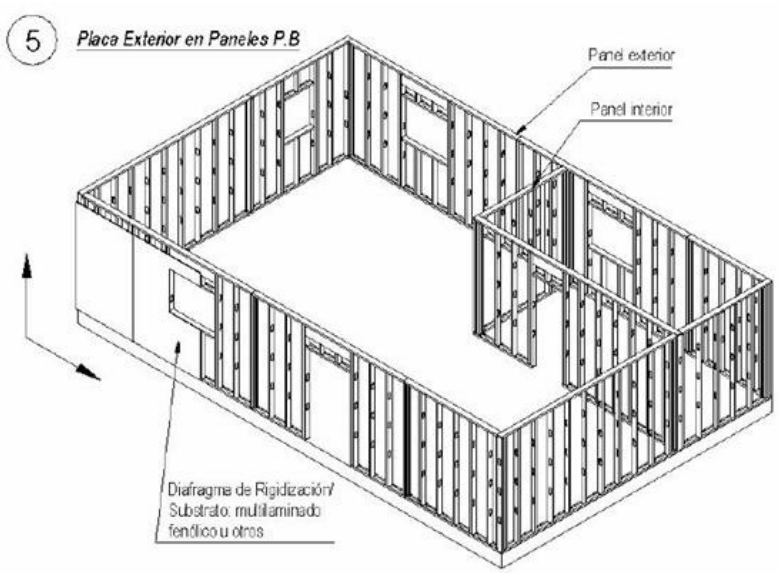
Una vez que ya se fundió toda la losa, se prepara una mezcla de arena bien cernida, un poco de agua y cemento en proporción 1:2, ósea 1 porción de cemento y 2 de arena. Se vierte esa mezcla en el piso ya seco y con ayuda de los arrastres se nivela en toda la losa. Con una cuchara y una plancha de acero se frota suavemente el acabado para dejarlo totalmente liso. Esto se deja secar.

6. LEVANTADO DE PAREDES INTERIORES Y EXTERIORES DE MADERA

Ya que tenga listos todos los paneles con las medidas correctas y el piso este listo, amárrelos entre si para darle la forma a la casa. Al levantar el marco completo tendrá que apuntalarlo en 4 lados, a los costados y por el frente y atrás, utilice para este propósito puntales largos y deje apuntalada la cara completa mientras arma el resto de los paneles de la casa***. Comience levantando las caras cortas de la casa. Se verá similar a las siguientes fotografías de ejemplo, vea el modelo de la casa en los planos adjuntos para que tenga un detalle exacto de la distribución de las habitaciones. Asegúrese de apuntalar las caras de los paneles que vaya levantando, ya que si no hace esto, con cualquier viento se puede caer el panel y causar algún daño al propio panel o a una persona.***

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) Martillo
2) 100 Clavos 2.5 pulgadas de largo y diámetro de 0.13 pulgadas.
3) 180 tabloncillos de madera de 3 metros de largo y 30 centímetros de ancho y 1 1/4” de espesor.
4) Escalera de 3 metros de alto.
5) 16 puntales de madera de 3 metros de largo para apuntalar marcos.
6) 180 reglillas (listones) de madera de 3 metros de largo, 1 1/2” de ancho y 3/8” de espesor.



1) CONECTANDO LOS PANELES ENTRE ELLOS:

Clave los paneles con clavos de 2 pulgadas entre si en las esquinas, a cada 6 pulgadas de distancia. y utilice las reglillas que quedaron fundidas en el concreto para guiarse de donde colocar cada panel.

2) INSTALACIÓN DE TABLONCILLOS EN LAS PAREDES:

Ejemplo de apuntalado de paneles

APUNTALAMIENTO DEBE SER EN AMBOS SENTIDOS.

El siguiente paso es la colocación de tabloncillos en las paredes, estos son básicamente tablas de madera

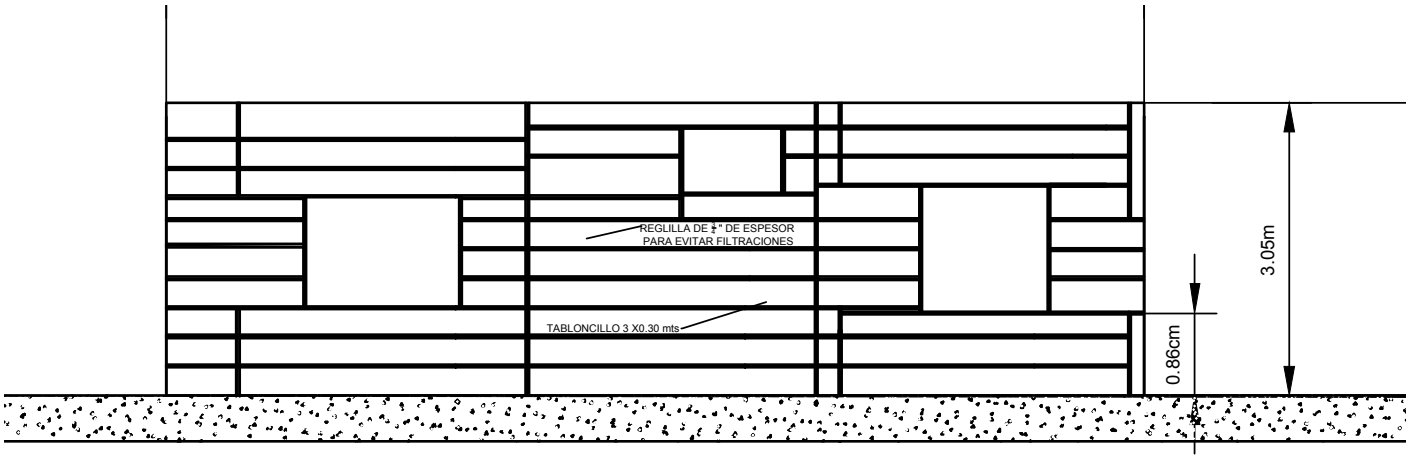
que irán en sentido horizontal entre los puntales de la casa. En el listado de materiales los tiene de 3 metros de largo pero en algunas partes los tendrá que cortar según lo requiera.

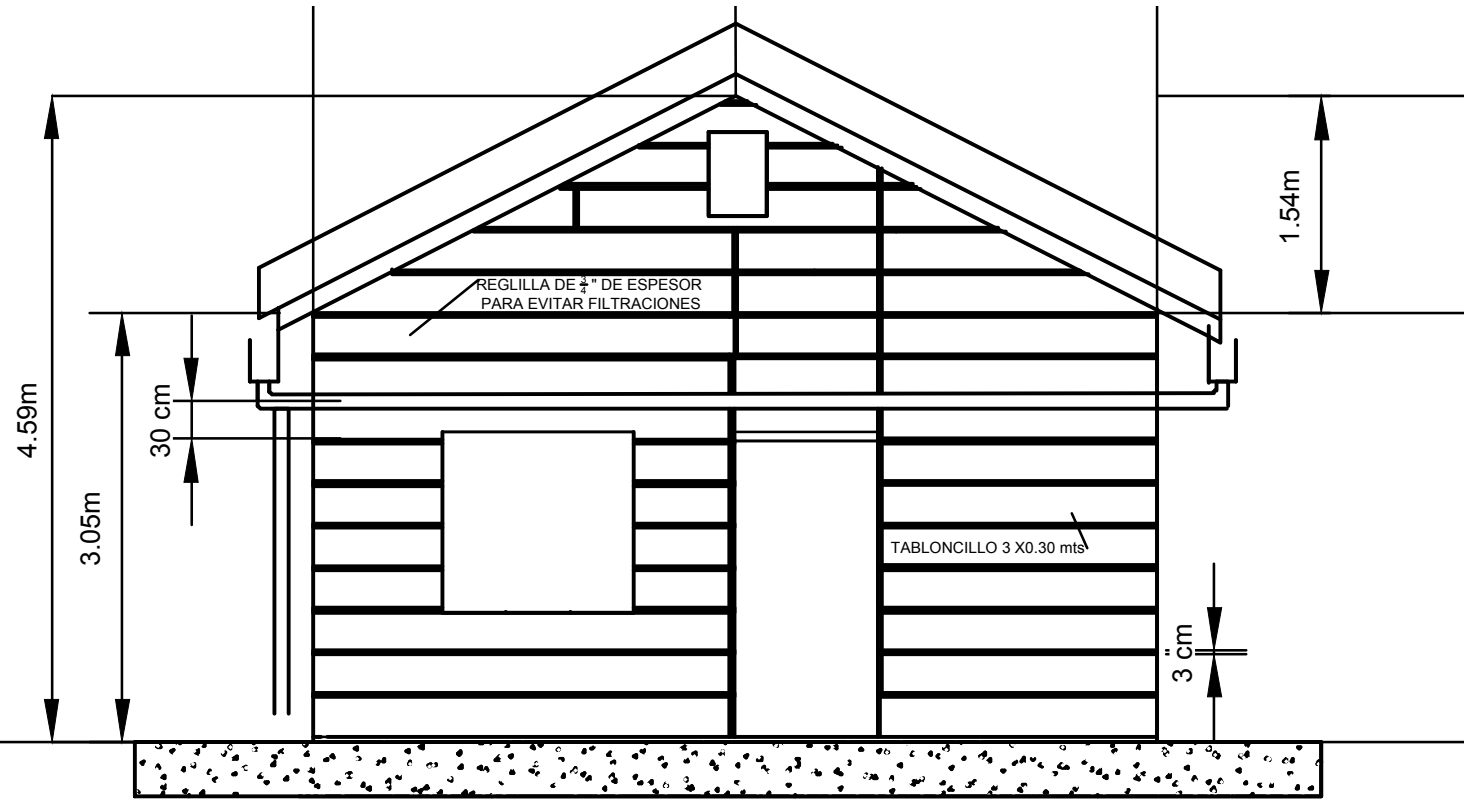
Comience por colocar los tabloncillos en los dinteles de las puertas y ventanas ya que de esta forma es más conveniente instalarlos. Prosiga con los demás. Después de colocar los tabloncillos en todos los paneles de la casa deberá colocar reglillas (también conocidas como listones) entre las cizas que se forman entre las tablas, esto con la finalidad de evitar filtraciones de agua en la casa. Córtelas de la misma medida que los tabloncillos y clávelas con los mismos clavos con los que clavó los tabloncillos.

Clávelos a los puntales **con dos clavos mínimo en cada puntal y una distancia de 6" cada clavo,** al finalizar la casa se deberá ver en el exterior como la casa de ejemplo que se presenta en la foto de arriba:

Recuerde que el espacio para las puertas es importante y está indicado en los planos, el espacio que dejará para cada una incluye el marco de la puerta ya instalado.

A continuación se muestra en detalle la instalación del tabloncillo y el listón en planos:

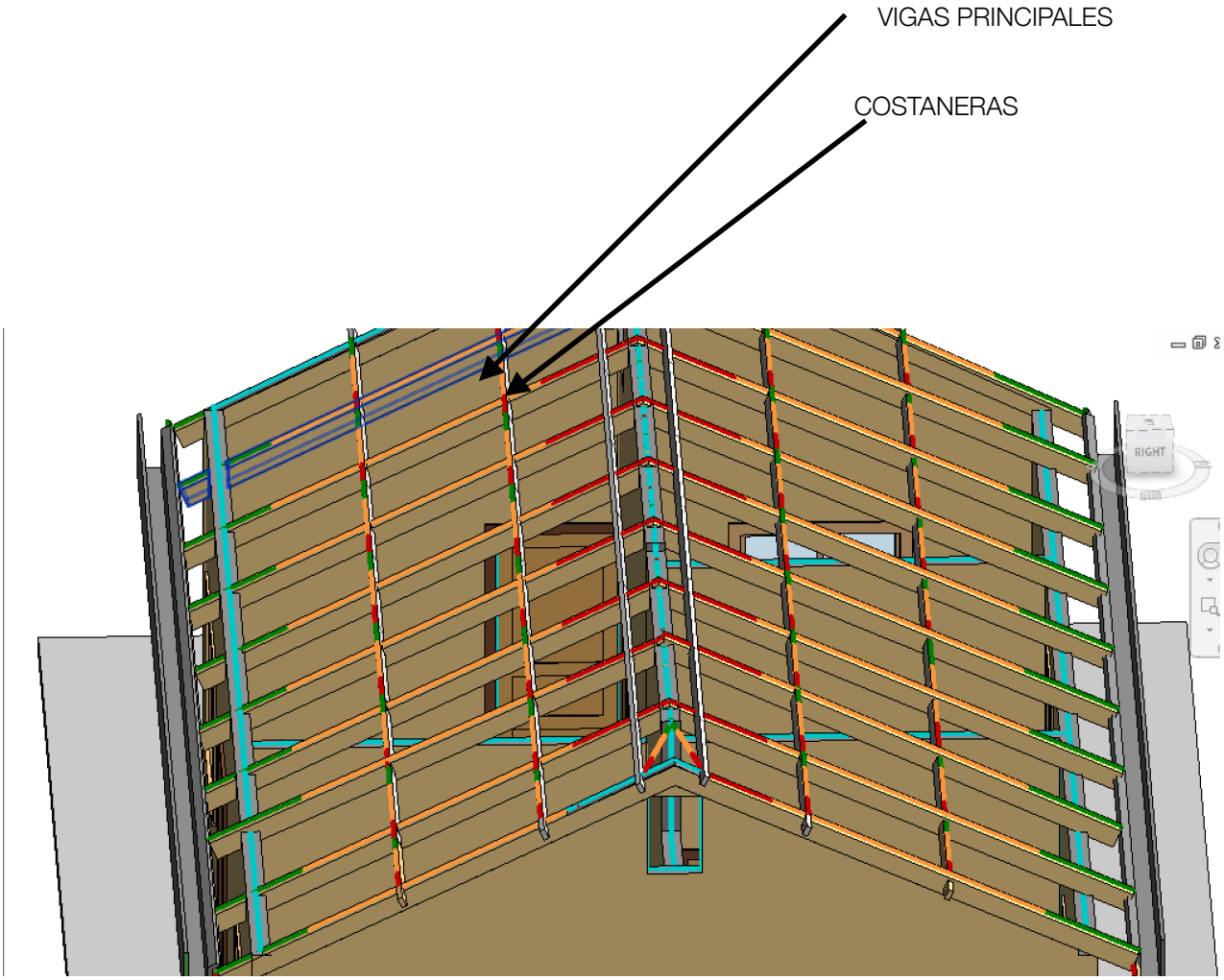




7. INSTALACIÓN DE VIGAS PRINCIPALES EN EL TECHO

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

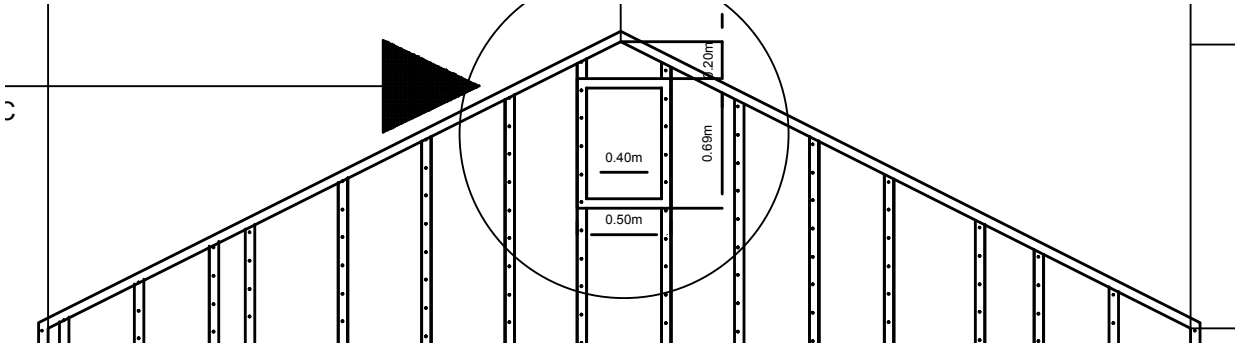
1) 20 vigas de madera de 5.5 pulgadas X 2.5 pulgadas y 3.30 metros de largo.
1) Martillo.
2) Metro.
3) 200 Clavos 2.5 pulgadas de largo y diámetro de 0.13 pulgadas.
4) Escalera.



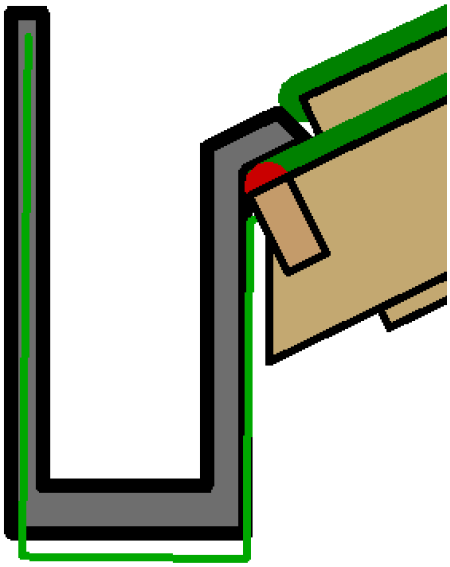
1) LEVANTANDO LAS VIGAS

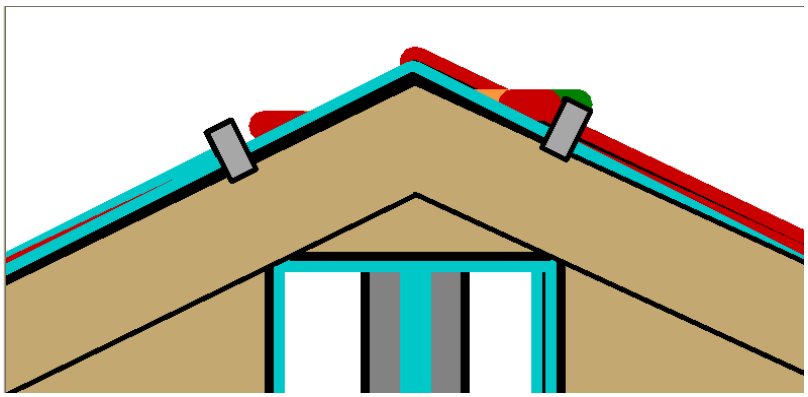
Las vigas le darán el soporte necesario al techo de su vivienda. Como primer paso refiérase a los planos de vigas para saber como se verá la estructura del techo de la casa al finalizar de armar todo el esqueleto y el esparcimiento entre las vigas, que es de 1.10 metros . La fotografía de arriba le da una idea de como deberán ir.

El techo de la vivienda tiene una pendiente a dos aguas como se muestra a continuación:

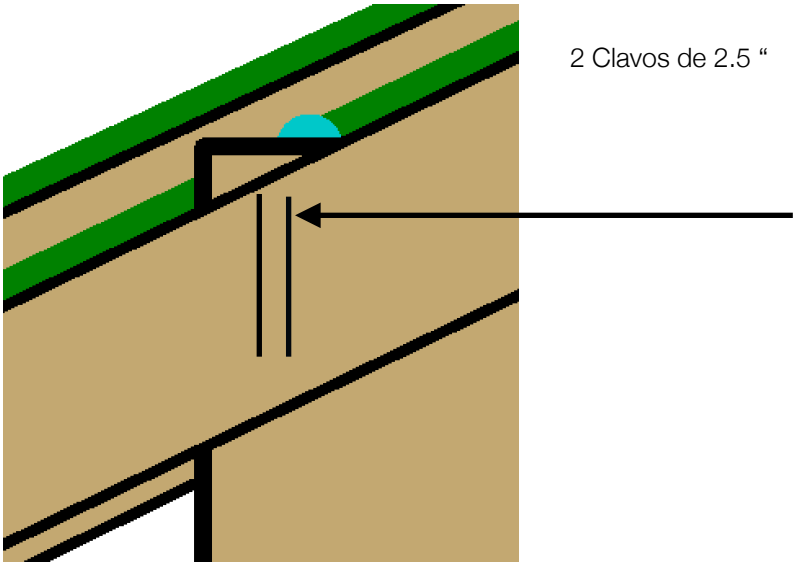


Utilice los marcos de las caras cortas de la casa como guía para tomar la pendiente del techo y empezar a colocar las vigas de techo. En los extremos de las vigas deberá hacer un corte en ángulo para que las caras de estas se unan en la cumbrera y en el sentido opuesto para que terminen acopladas al lado recto de la canal que habrá en cada lago largo de la casa. Para unir las vigas en la parte de arriba (la cumbrera) entre si,vea el detalle de conexión que aparece abajo en este manual y en los planos. Es básicamente el mismo que utilizó para armar el marco de las caras cortas exteriores.

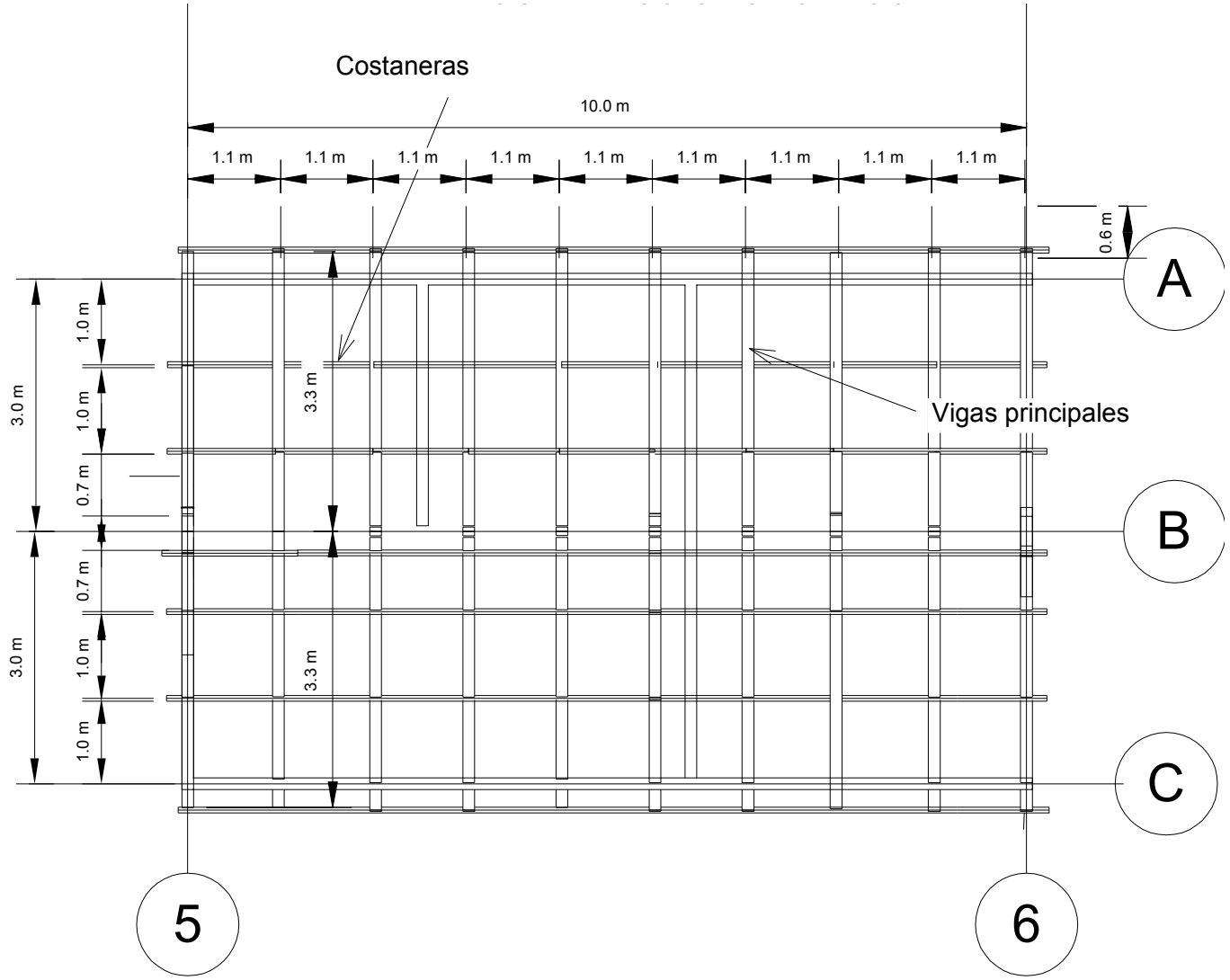




En el extremo bajo de la viga clave dos clavos en la reglilla superior del panel:



2 Clavos de 2.5 “



Las vigas principales irán unidas al panel central de la casa para soportarse, por lo que el detalle arriba expuesto le dice como colocarlo.

La apariencia de la casa hasta este punto de la construcción debería ser similar a la fotografía de abajo

8. INSTALACIÓN DE COSTANERAS EN EL TECHO

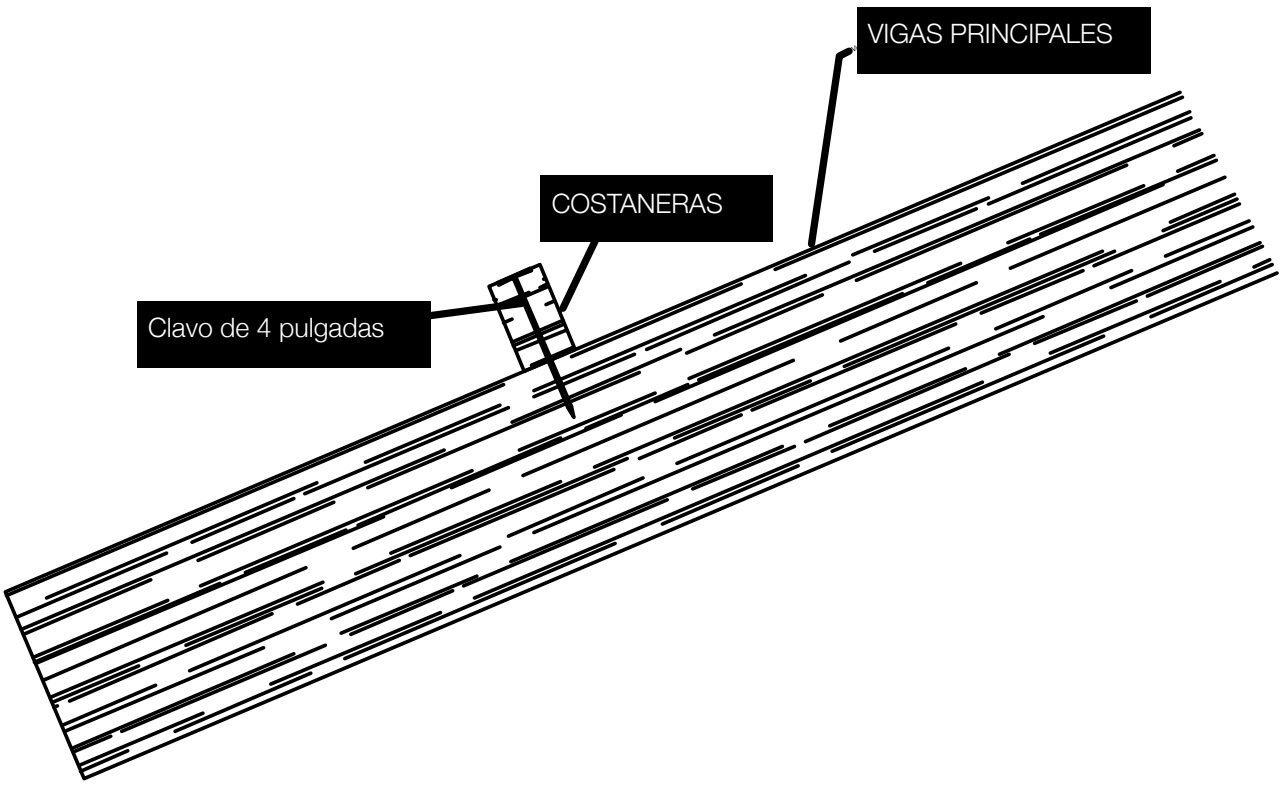
MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) 80 viguetas de madera de 2.5 pulgadas X 1.5 pulgadas y 1.10 metros de largo.
1) Martillo.
2) Metro.
3) 180 Clavos 2.5 pulgadas de largo y diámetro de 0.13 pulgadas.
4) Escalera.

1) LEVANTANDO LAS COSTANERAS:

Al terminar de instalar las vigas principales, prosiga con las costaneras. Siempre utilice de guía el plano de vigas y costaneras (Plano #2)

Para la unión de la viga principal con la costanera (viga secundaria) siga el siguiente esquema Las



costaneras irán apoyadas en las vigas principales como se puede observar en las imágenes de páginas anteriores, estas costaneras tendrán contacto directo con la lámina y es importante que guarde la distancia entre ellas como aparecen los planos, esto es 1 metro de separación entre cada una. Instálelas de tal forma que queden como en el plano y pueda darles el esparcimiento indicado.

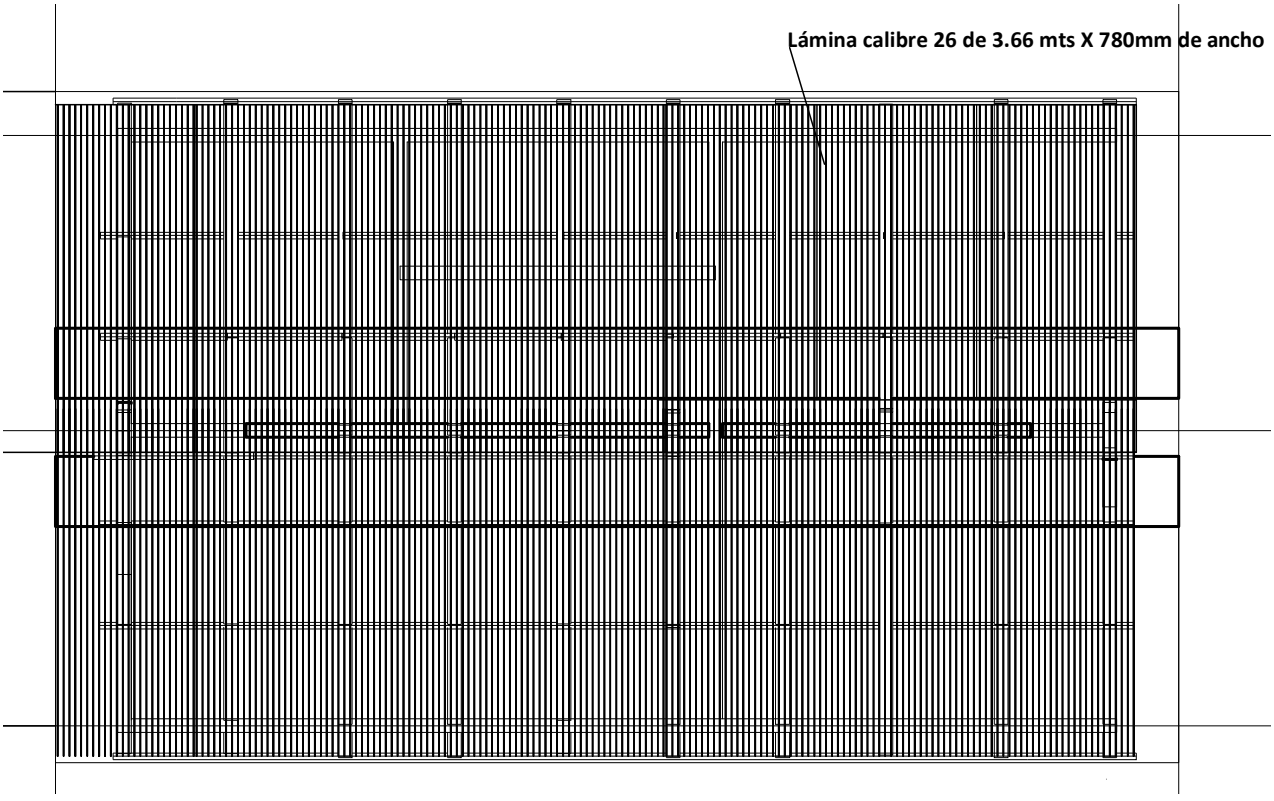
9. INSTALACIÓN DE LA LÁMINA DE TECHO

La lámina tendrá doble propósito, ya que servirá tanto para cubrir la casa como para captar el agua de lluvia.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) 24 láminas calibre 26 de zinc 3 metros de largo y 1 metro de ancho.
2) Martillo.
3) Metro.
4) 50 clavos para especiales para lámina de 2”
5) Escalera.
6) Tijera de jardín

Instale las láminas como se muestra en los planos, clavando 4 clavos por lámina sobre la costanera. Corte la lámina según lo requiera y procure que el traslape de las láminas sea de 1 onda y media para asegurar que no se filtre el agua entre ellas. En la cumbrera de la casa deberá colocar un “capote” que es sencillamente un par de láminas más cortas que van en la cumbrera del techo y estas cubren la unión de las láminas en esa parte.



10. INSTALACIÓN DE LA CANAL

La canal que irá a los costados de la casa es importante ya que con esta se podrá canalizar el agua para que sea llevada a un depósito, para que pueda ser utilizada.

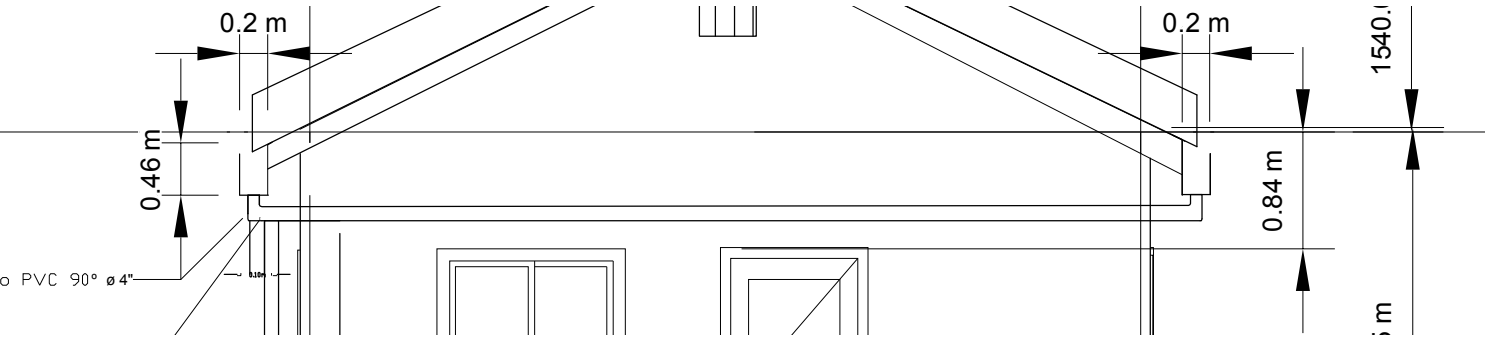
MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS:

1) 4 tramos de canal de P.V.C de 6 metros de largo cada uno.
2) 20 pescantes o soportes para canal.
3) 4 bocatubos de 4”.
4) 4 tapaderas de canal
5) 2 tubo de P.V.C de 4” de diámetro y 6 metros de largo.
6) 2 codos de pvc de 90º.
7) 2 pomos de Sicaflex.

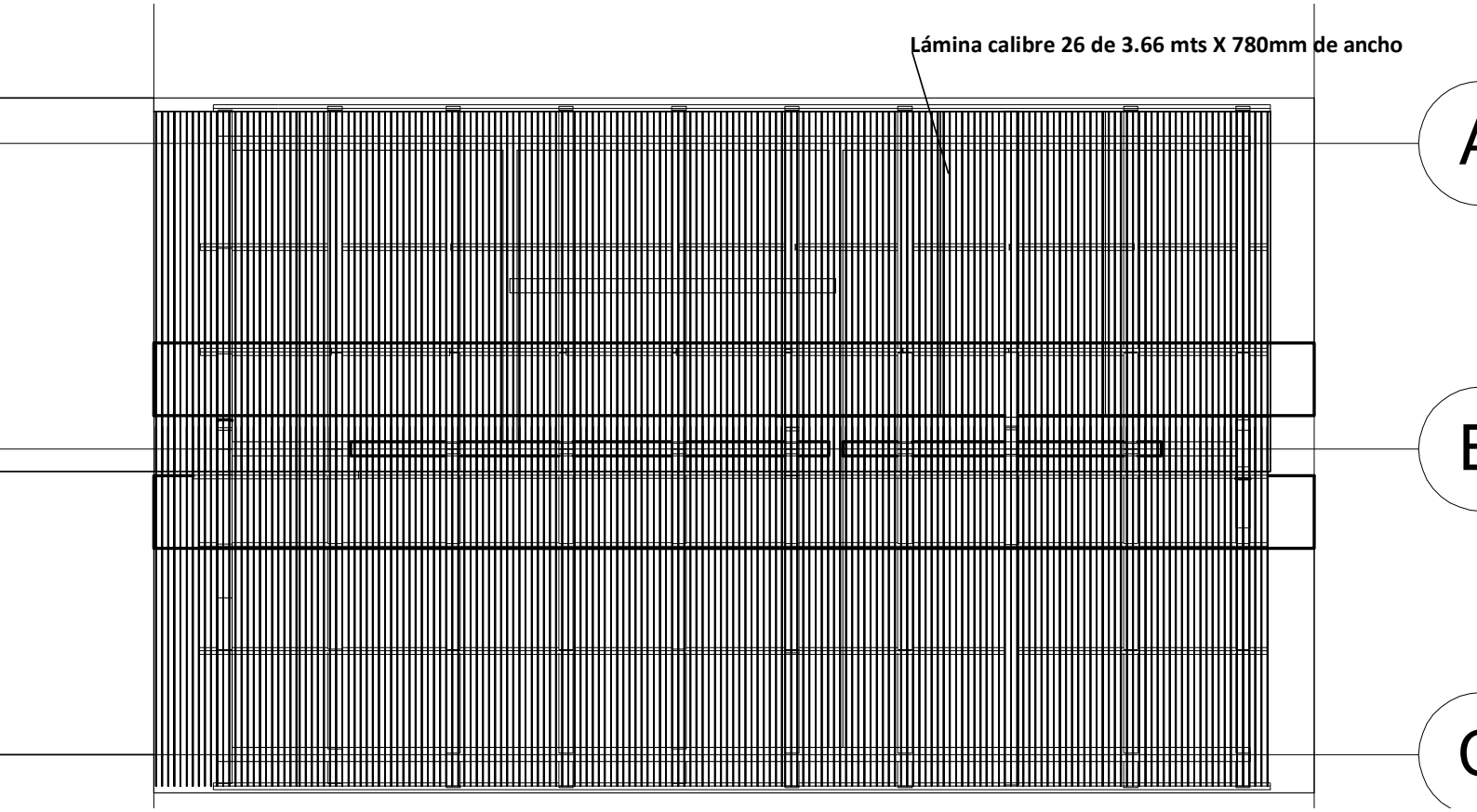
Busque en su ferretería más cercana canales prefabricadas con las medidas dadas, estas vienen en tramos listas para instalarse en la casa. Una cada tramo con sicaflex, procure que sea pegada en todo el contorno para que no hayan fugas de agua.

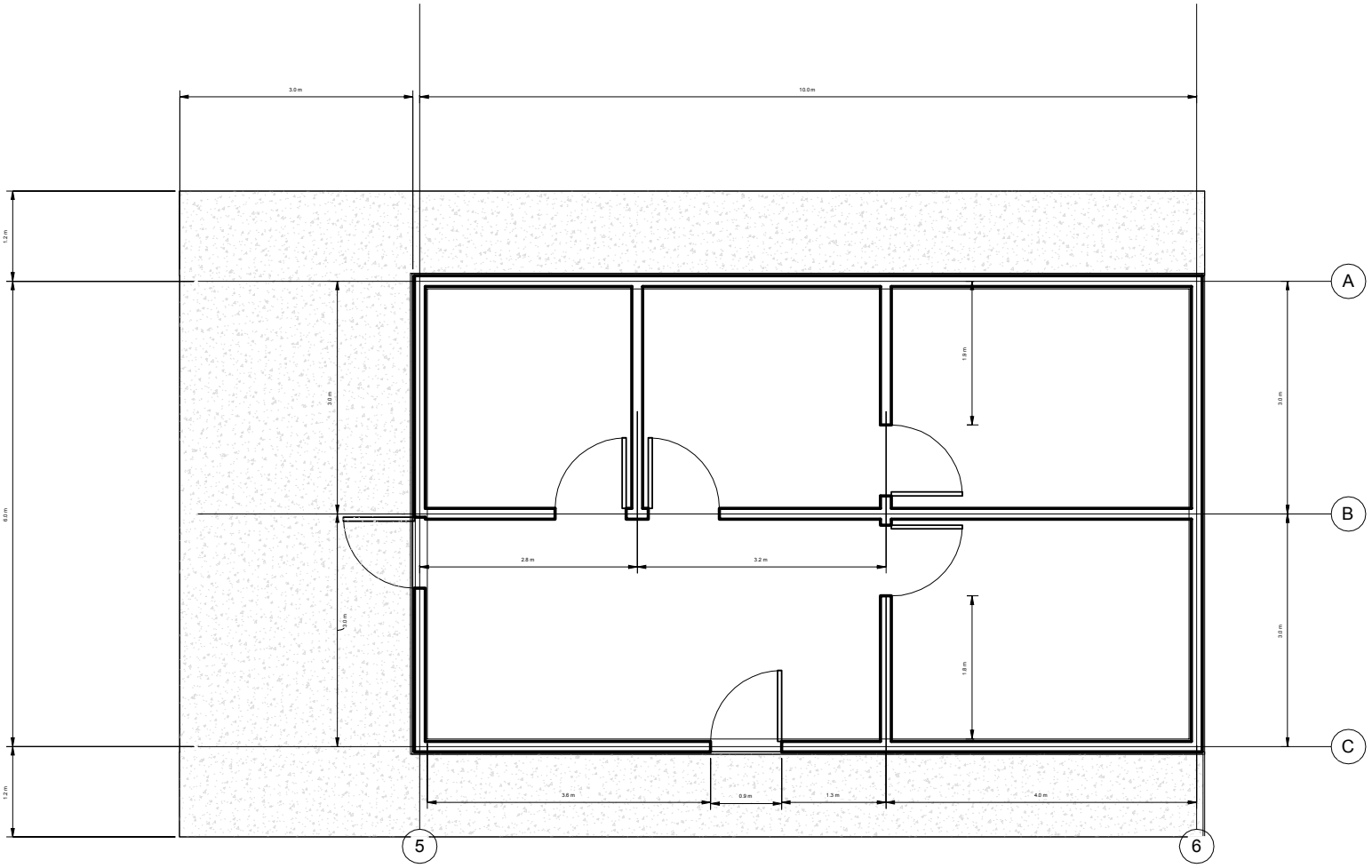
Cuando tenga lista la canal, instálela a los costados largos de la casa y siga cualquier instrucción adicional del fabricante o vendedor, recuerde colocar en los extremos las tapaderas de la canal para evitar que el agua salga por los extremos, de este modo sólo podrá salir por la tubería que conectará ambas canales.

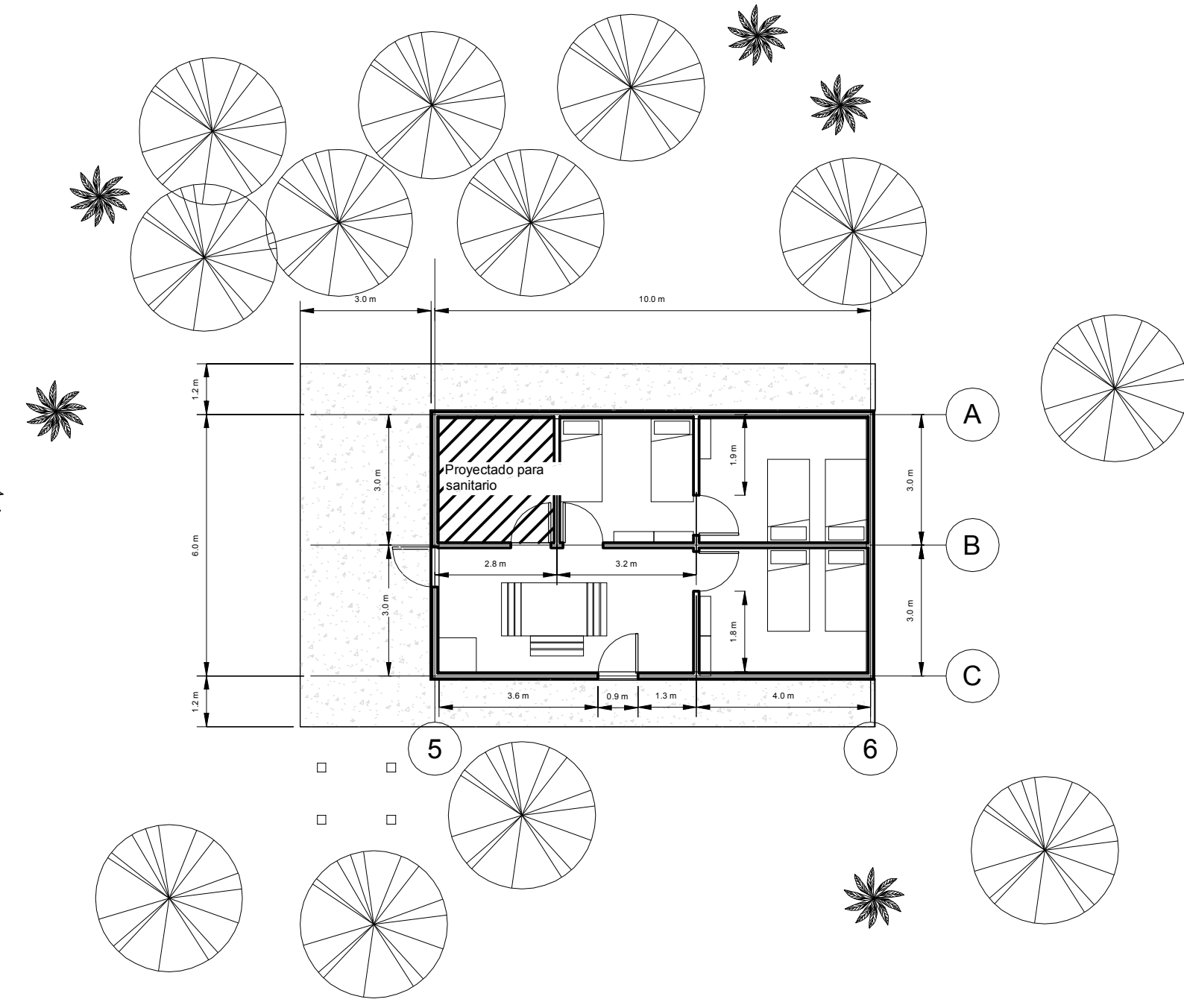
Para hacer la conexión de ambas canales utilice un tubo de P.V.C de 4” de diámetro, conéctelo por medio de los bocatubos de las canales, utilice el segundo tubo para conectarlo al depósito.

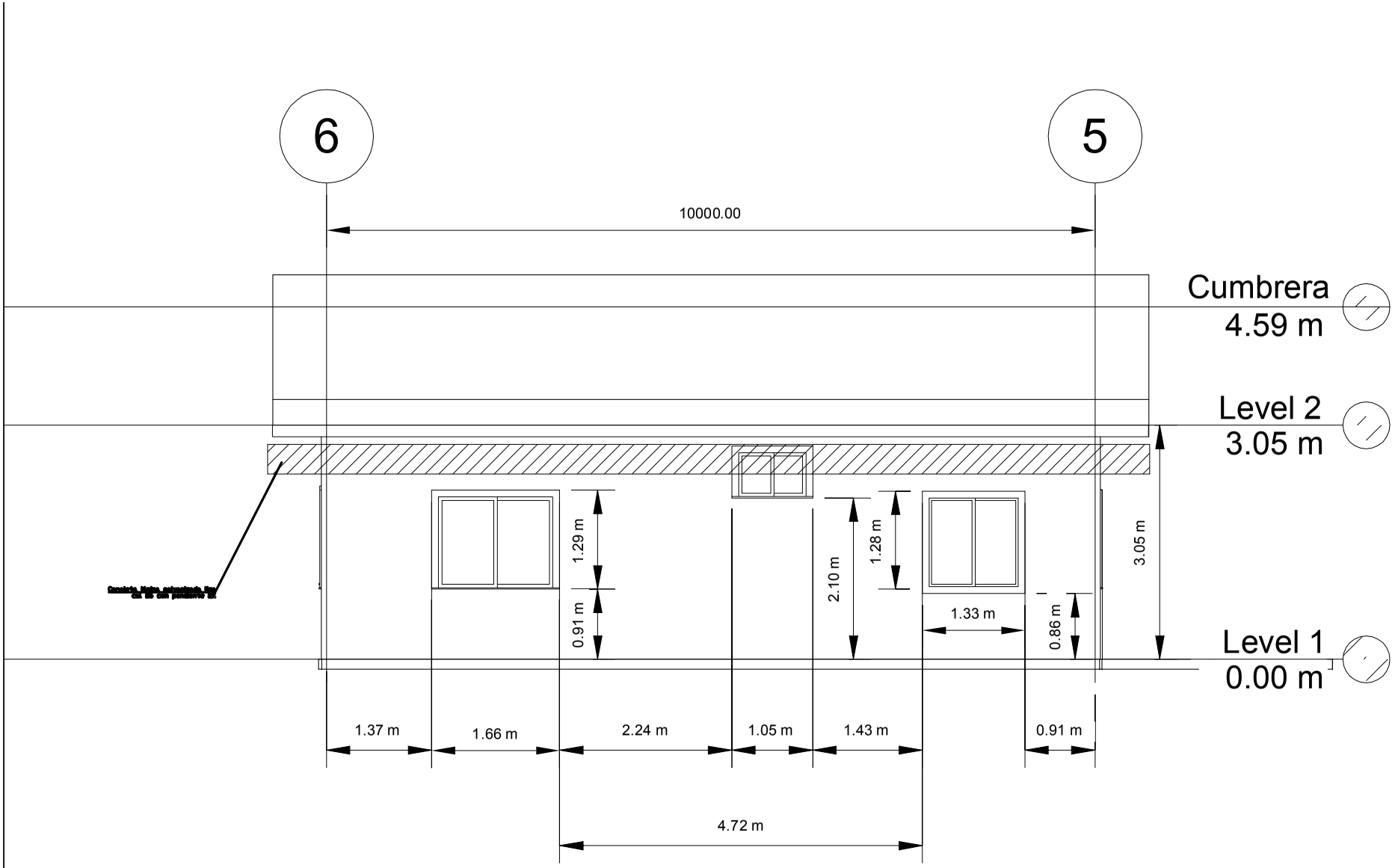


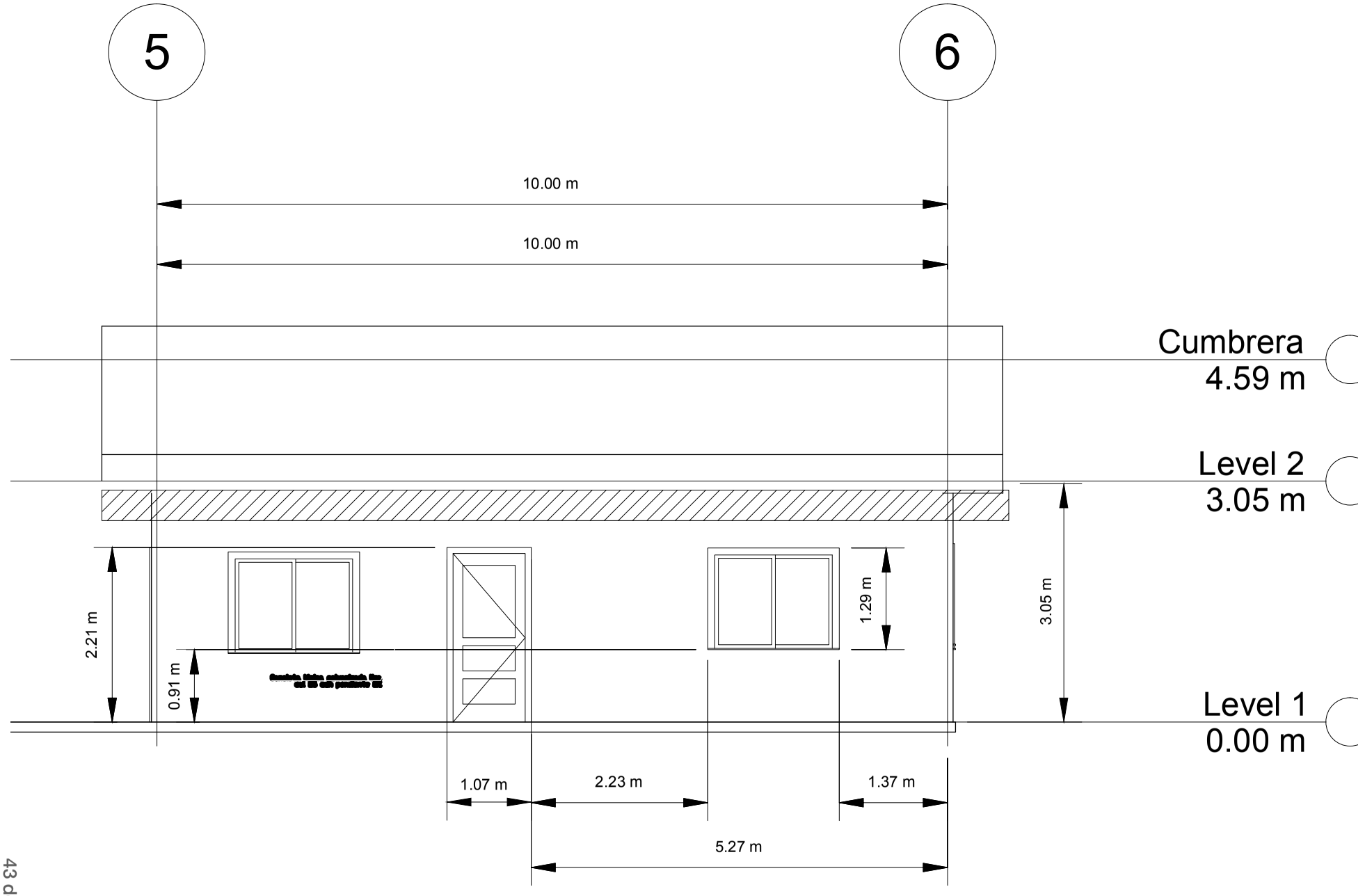
ESQUEMAS DE LA VIVIENDA

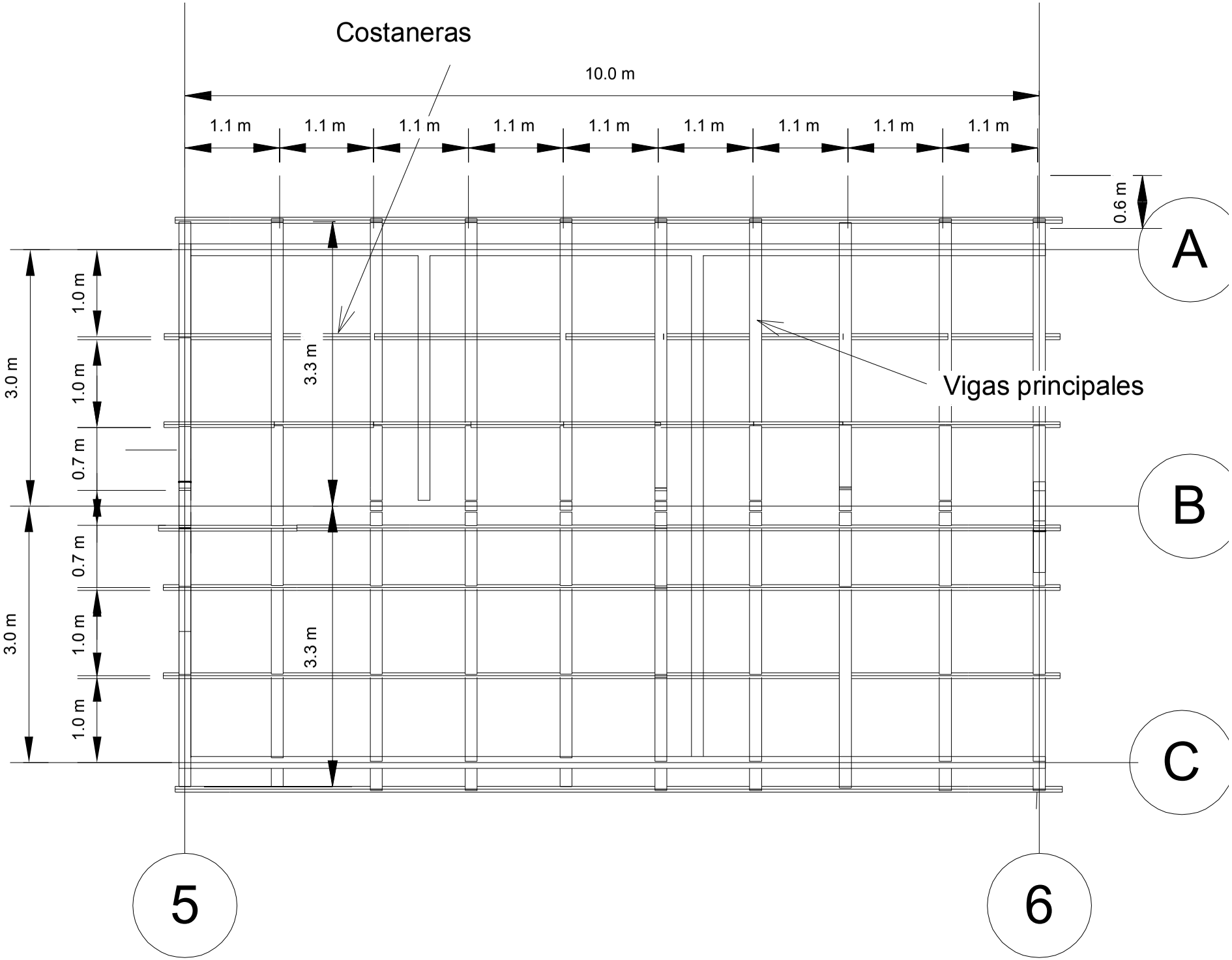


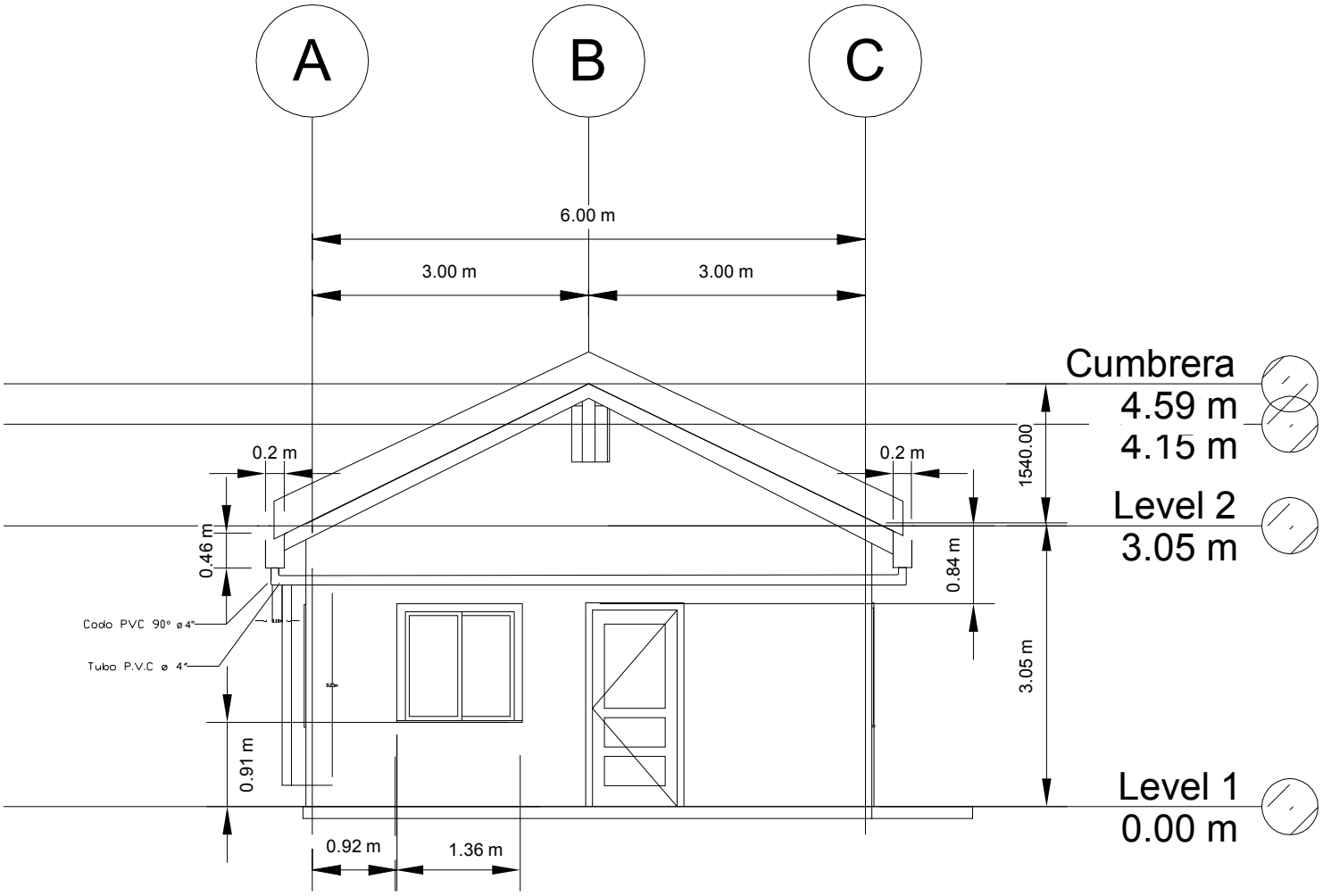

3.0 m
10.0 m
1.2 m
6.0 m
3.0 m
1.9 m
2.8 m
3.2 m
1.8 m
3.6 m
0.9 m
1.3 m
4.0 m
A
B
C
5
6

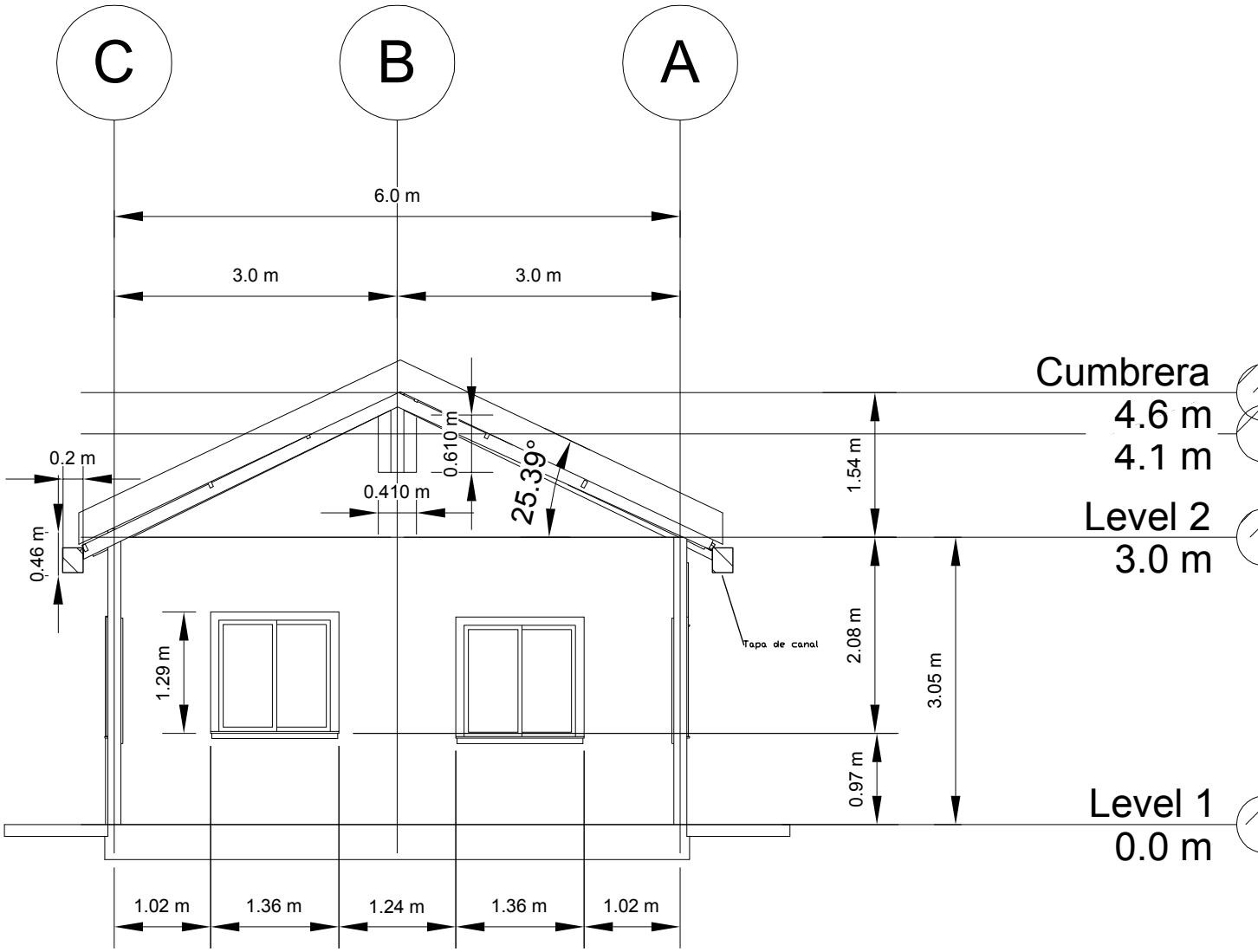

3.0 m
10.0 m
1.2 m
6.0 m
3.0 m
Proyectado para
sanitario
1.9 m
2.8 m
3.2 m
1.8 m
3.6 m
0.9 m
1.3 m
4.0 m
A
B
C
5
6

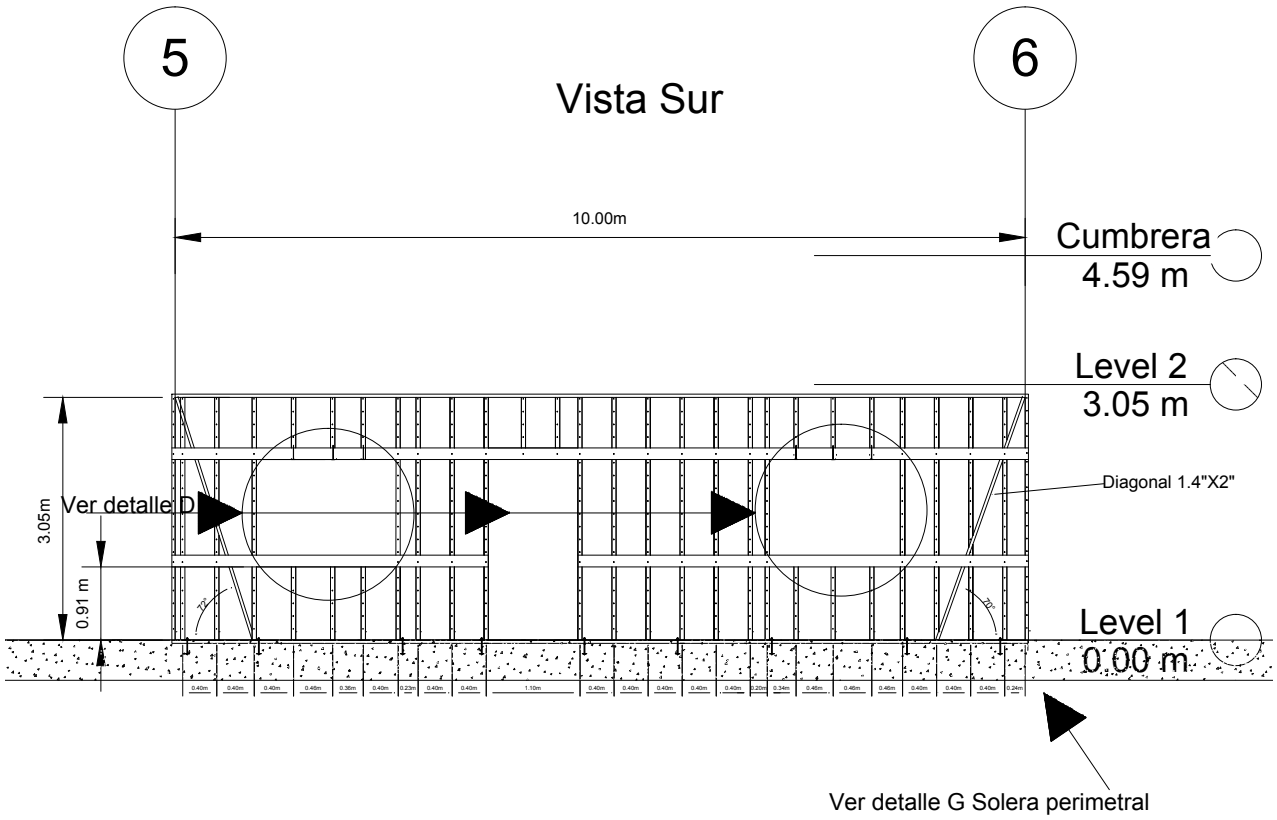

6
5
10000.00
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
1.29 m
0.91 m
2.10 m
1.28 m
1.33 m
0.86 m
3.05 m
1.37 m
1.66 m
2.24 m
1.05 m
1.43 m
0.91 m
4.72 m

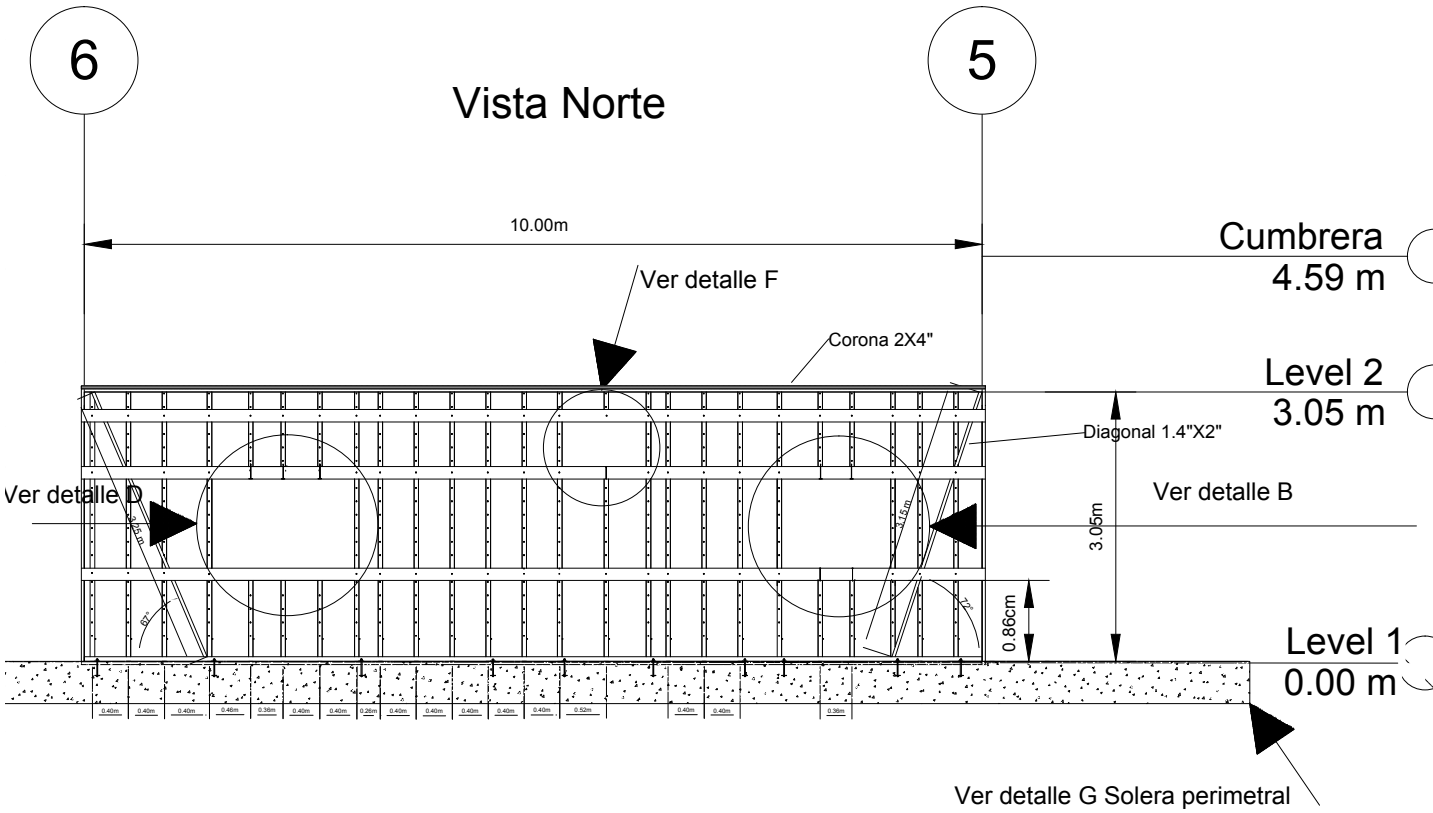

5
6
10.00 m
10.00 m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
2.21 m
0.91 m
1.29 m
3.05 m
1.07 m
2.23 m
1.37 m
5.27 m


Costaneras
10.0 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
1.1 m
0.6 m
A
B
C
3.0 m
1.0 m
1.0 m
0.7 m
3.3 m
Vigas principales
0.7 m
3.0 m
1.0 m
1.0 m
3.3 m
5
6

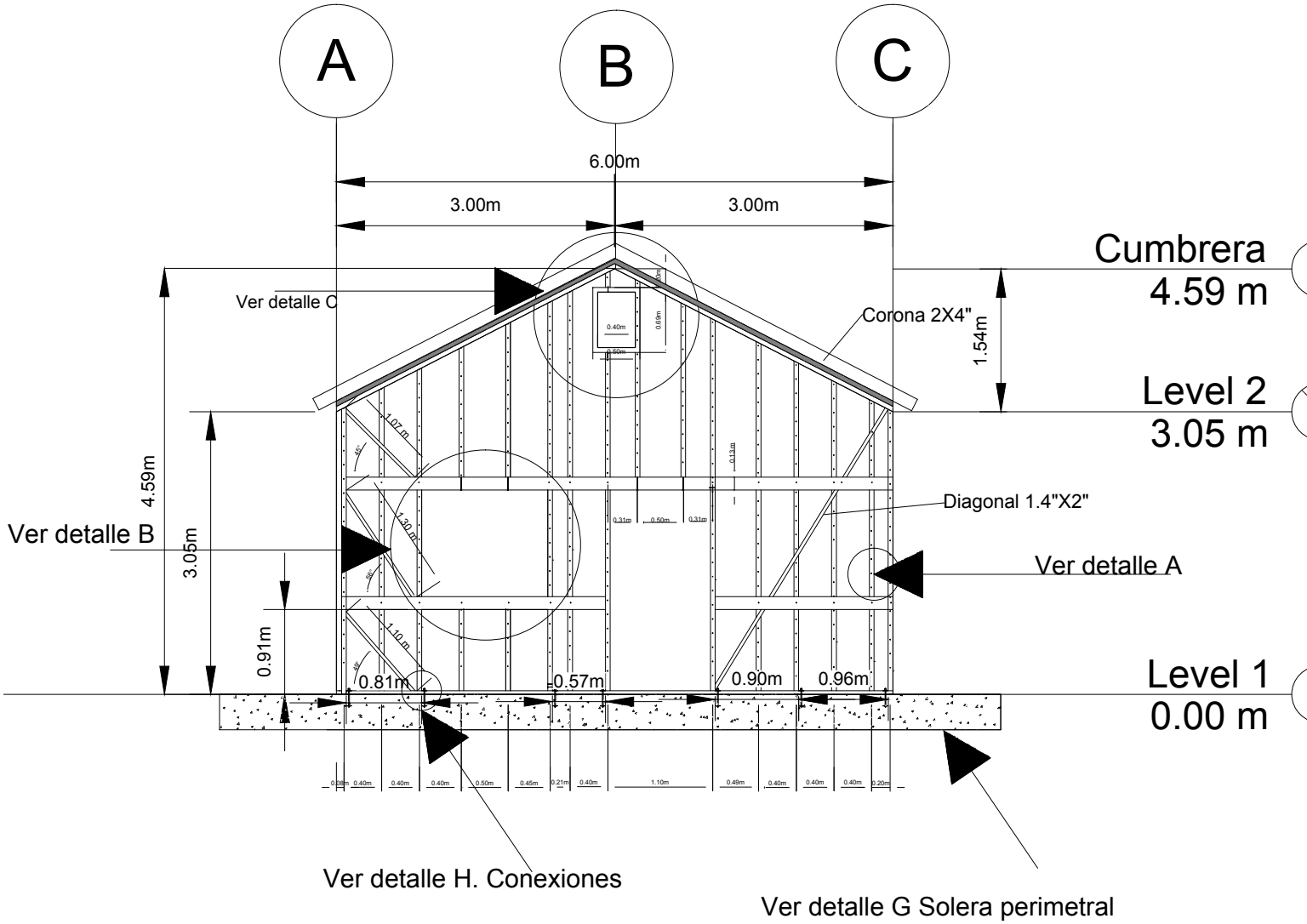

A
B
C
6.00 m
3.00 m
3.00 m
Cumbrera
4.59 m
4.15 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
0.2 m
0.2 m
1540.00
0.46 m
0.84 m
3.05 m
Codo PVC 90° ø 4"
Tubo P.V.C ø 4"
0.91 m
0.92 m
1.36 m


C
B
A
6.0 m
3.0 m
3.0 m
Cumbrera
4.6 m
4.1 m
Level 2
3.0 m
Level 1
0.0 m
0.2 m
0.46 m
0.610 m
0.410 m
25.39°
1.54 m
2.08 m
0.97 m
3.05 m
1.29 m
Tapa de canal
1.02 m
1.36 m
1.24 m
1.36 m
1.02 m

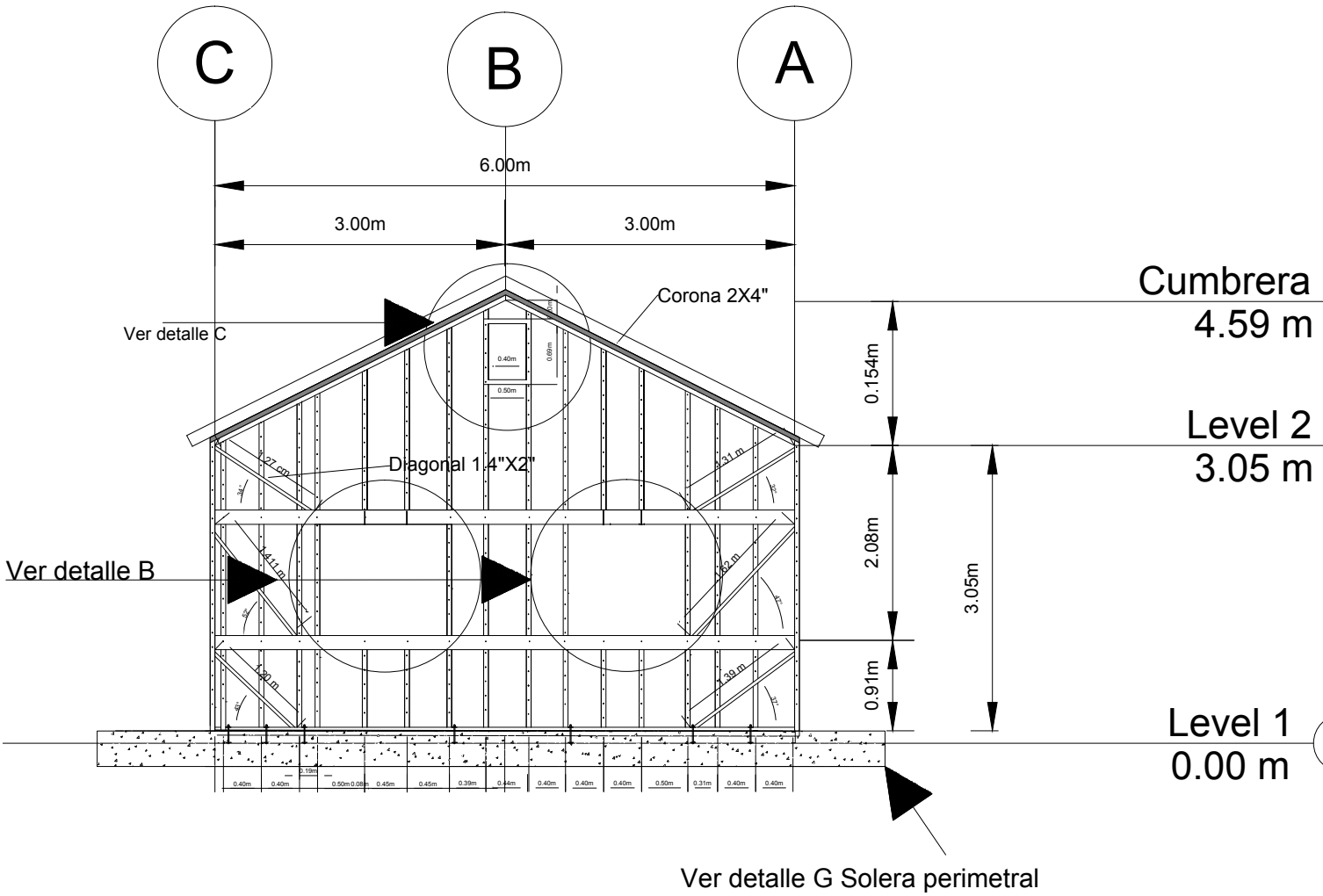

5
6
Vista Sur
10.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle D
3.05m
0.91 m
Level 1
0.00 m
Ver detalle G Solera perimetral

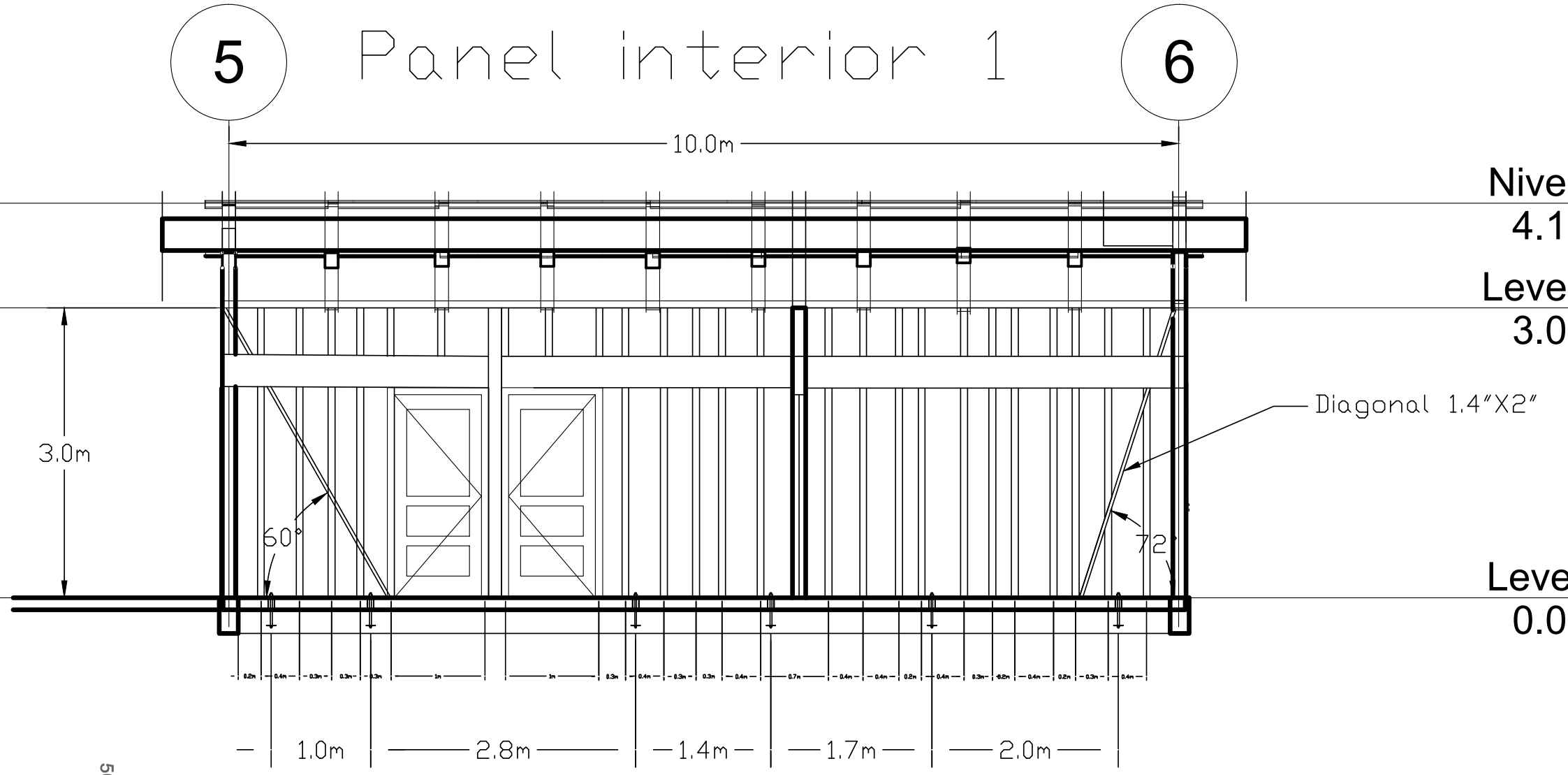

6
5
Vista Norte
10.00m
Cumbrera
4.59 m
Ver detalle F
Corona 2X4"
Level 2
3.05 m
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle B
Ver detalle D
3.05m
0.86cm
Level 1
0.00 m
Ver detalle G Solera perimetral

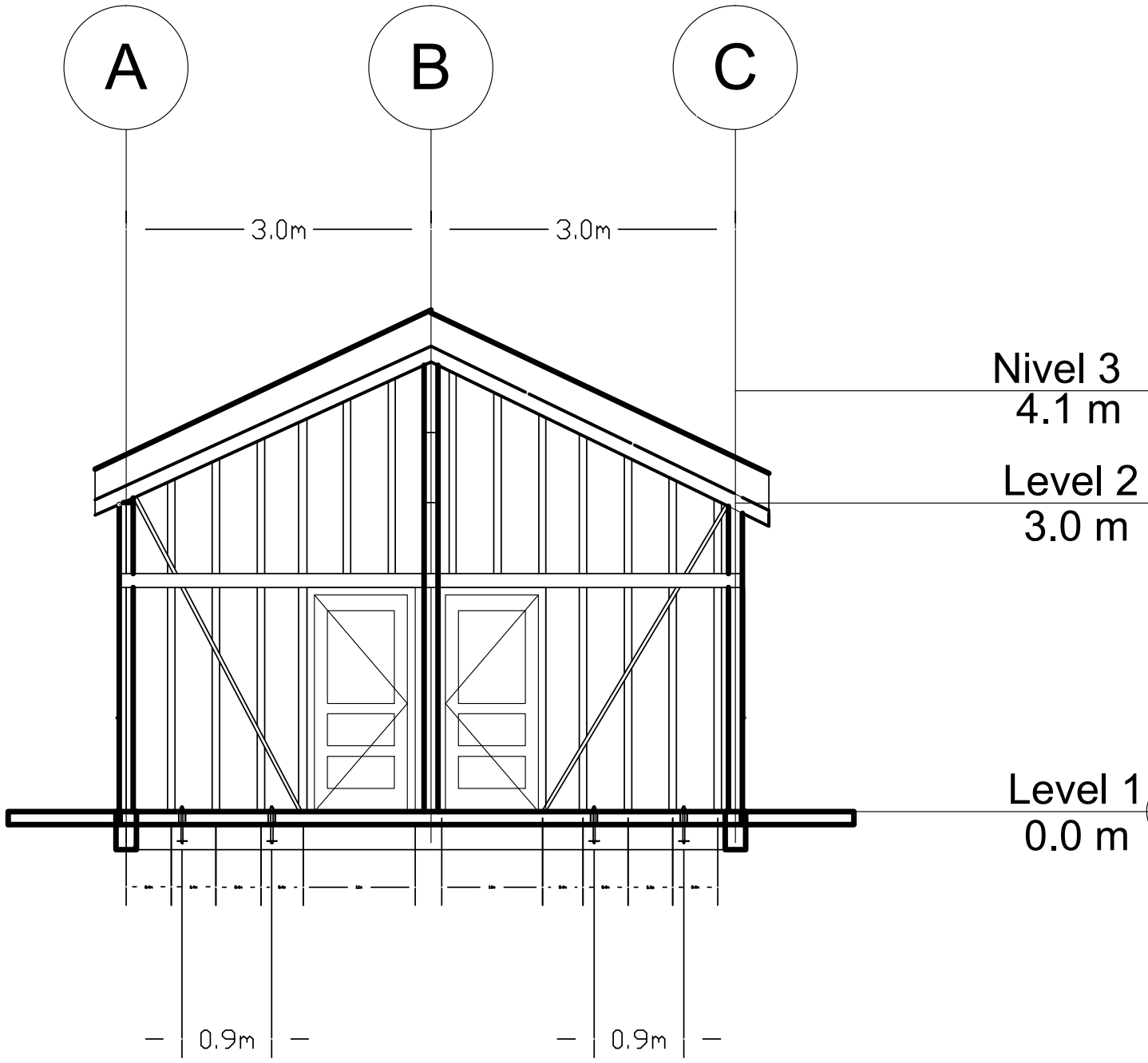
Vista Oeste


A
B
C
6.00m
3.00m
3.00m
Cumbrera
4.59 m
Ver detalle C
Corona 2X4"
1.54m
Level 2
3.05 m
4.59m
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle B
3.05m
Ver detalle A
0.91m
Level 1
0.00 m
0.81m
0.57m
0.90m
0.96m
Ver detalle H. Conexiones
Ver detalle G Solera perimetral

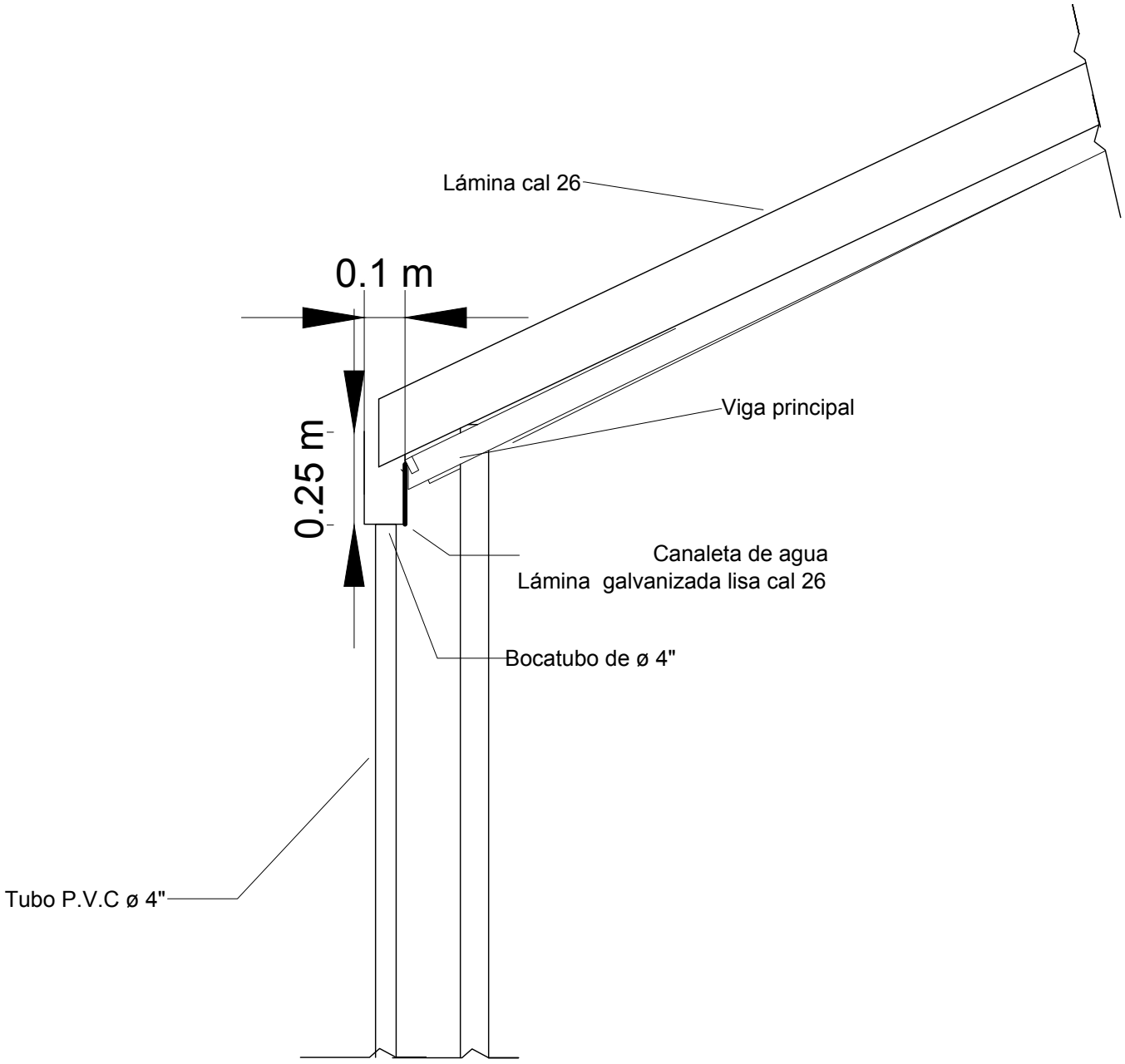
Vista Este


C
B
A
6.00m
3.00m
3.00m
Cumbrera
4.59 m
Corona 2X4"
Ver detalle C
0.154m
Level 2
3.05 m
Diagonal 1.4"X2"
Ver detalle B
2.08m
3.05m
0.91m
Level 1
0.00 m
Ver detalle G Solera perimetral

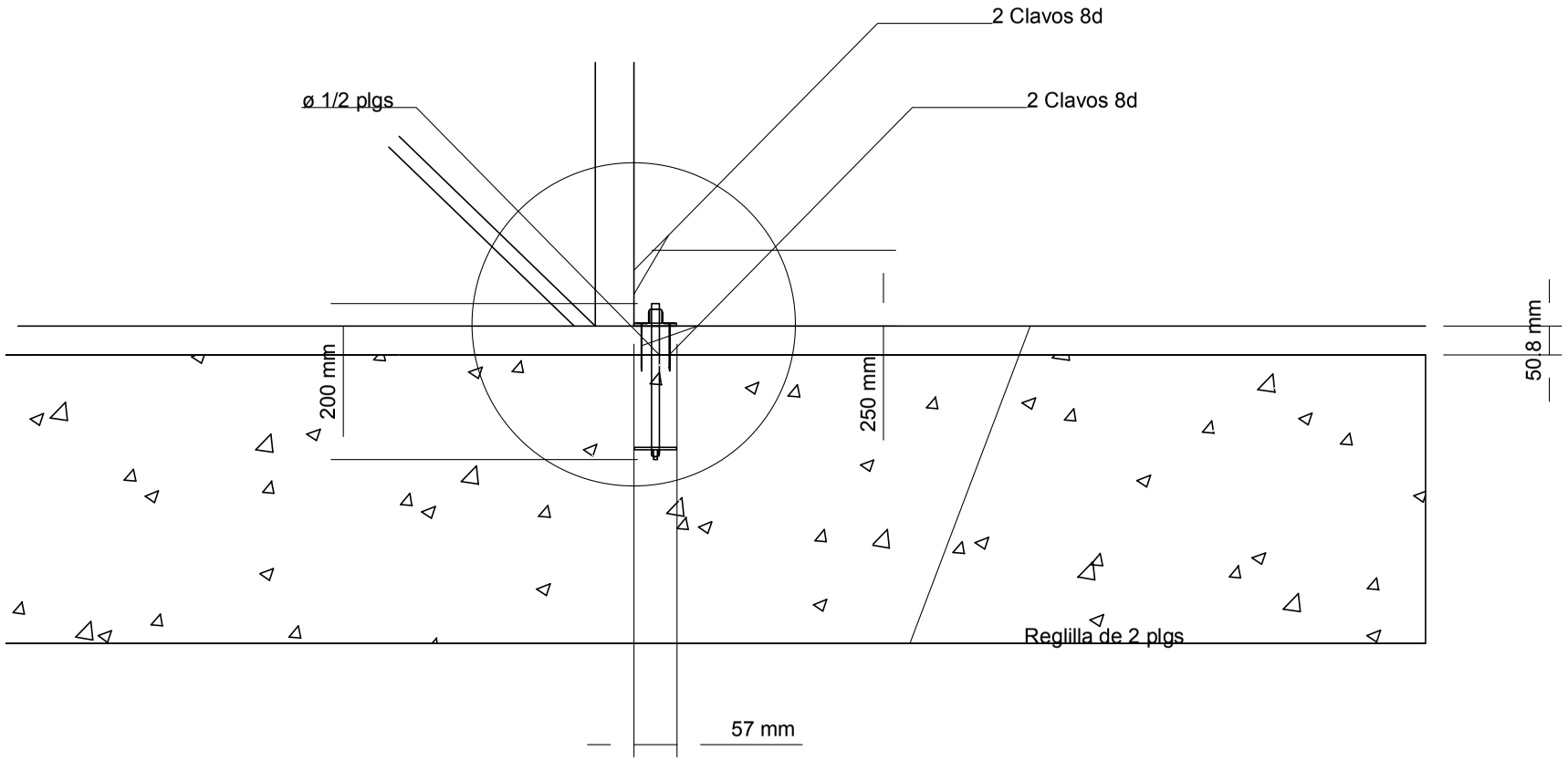

5
Panel interior 1
6
10.0m
Nive
4.1
Leve
3.0
Leve
0.0
3.0m
Diagonal 1.4"X2"
60°
72°
1.0m
2.8m
1.4m
1.7m
2.0m


A
B
C
3.0m
3.0m
Nivel 3
4.1 m
Level 2
3.0 m
Level 1
0.0 m
0.9m
0.9m

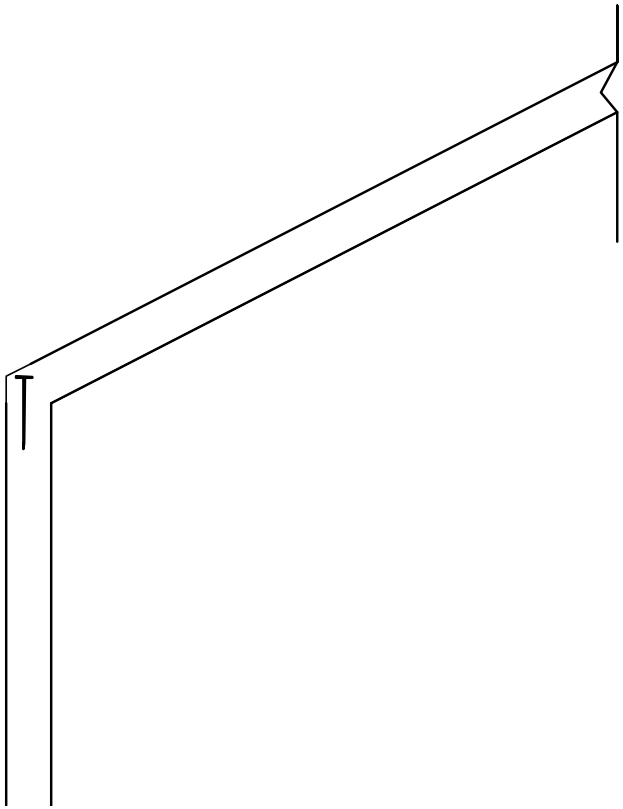
Detalle canaleta

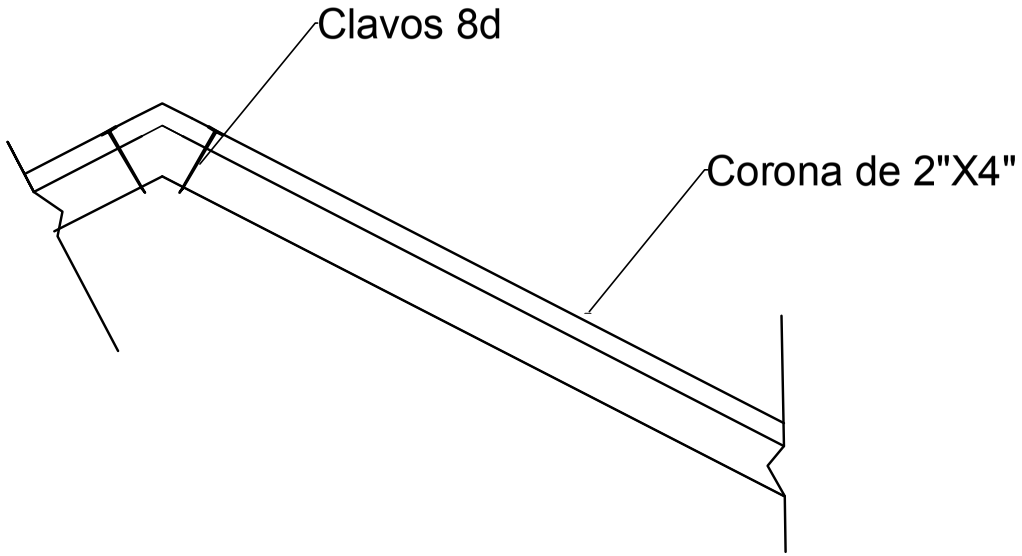


Detalle H. Conexión

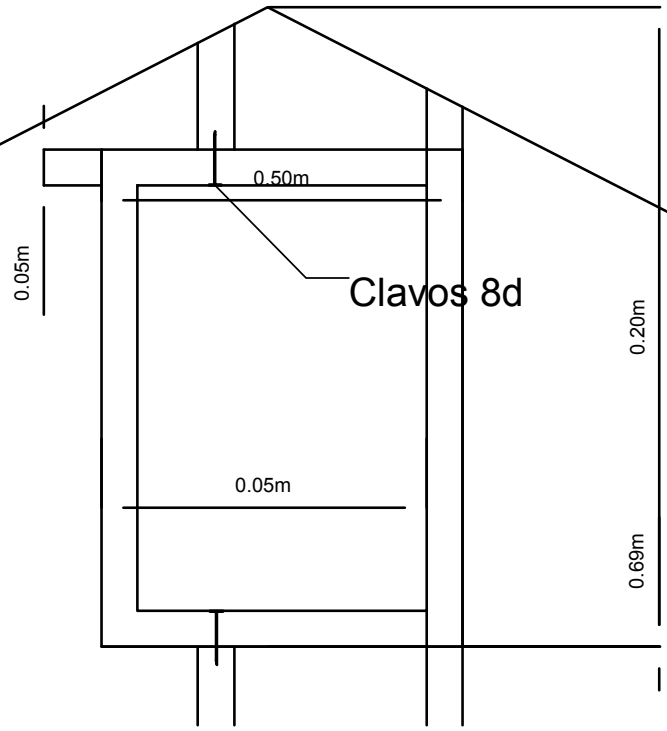


Detalle de conexión en marcos



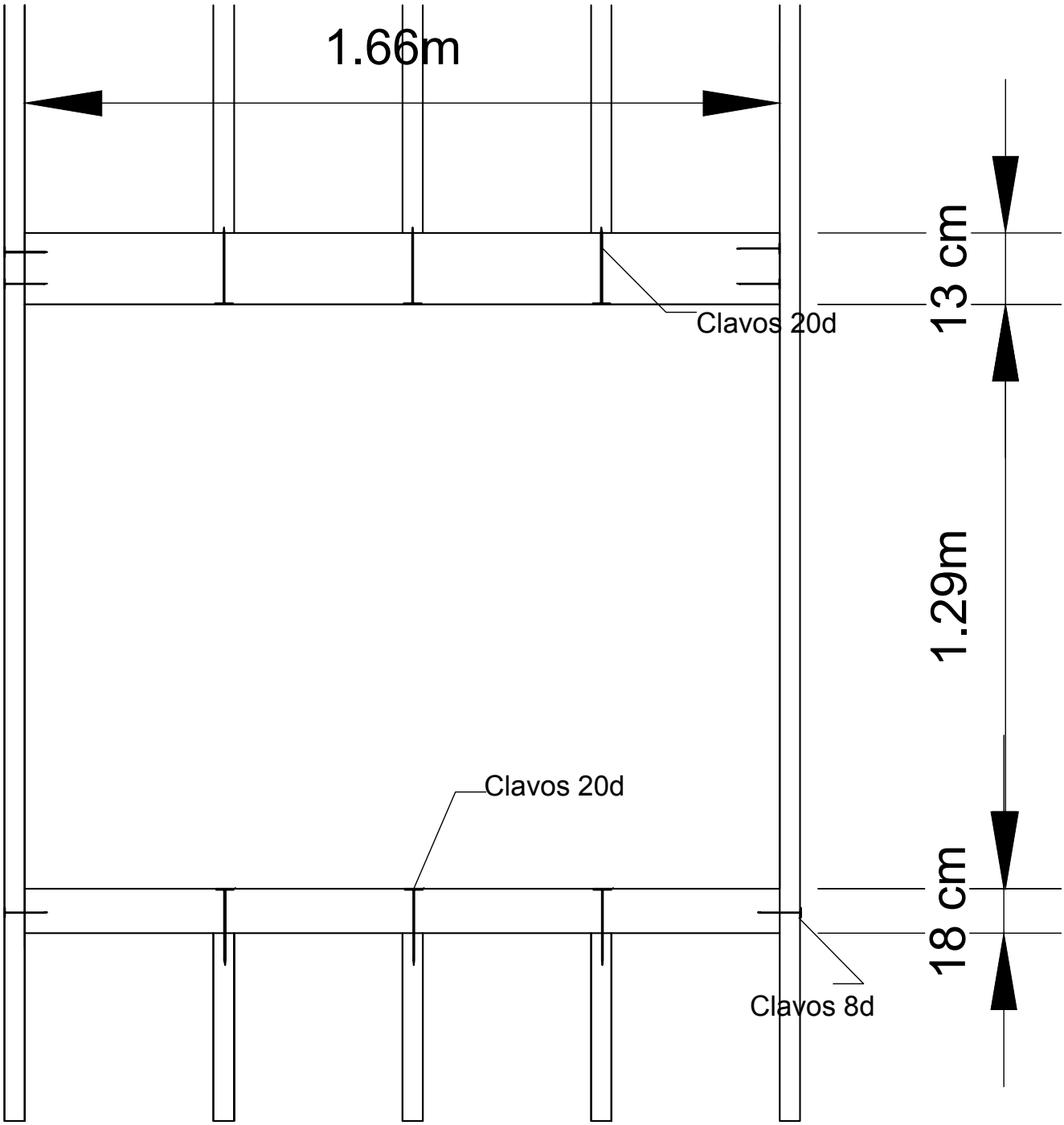


Detalle C

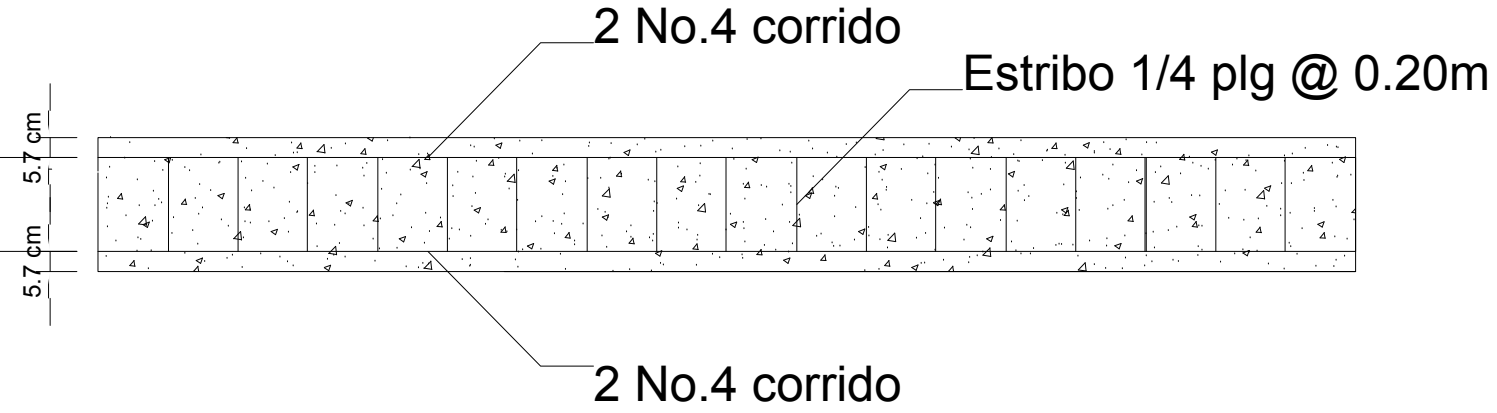


Elevación abertura para circulación de aire

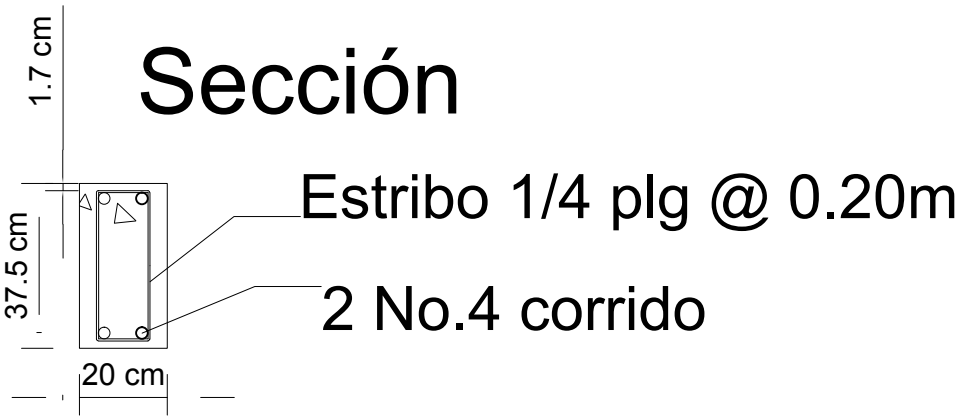
Detalle D



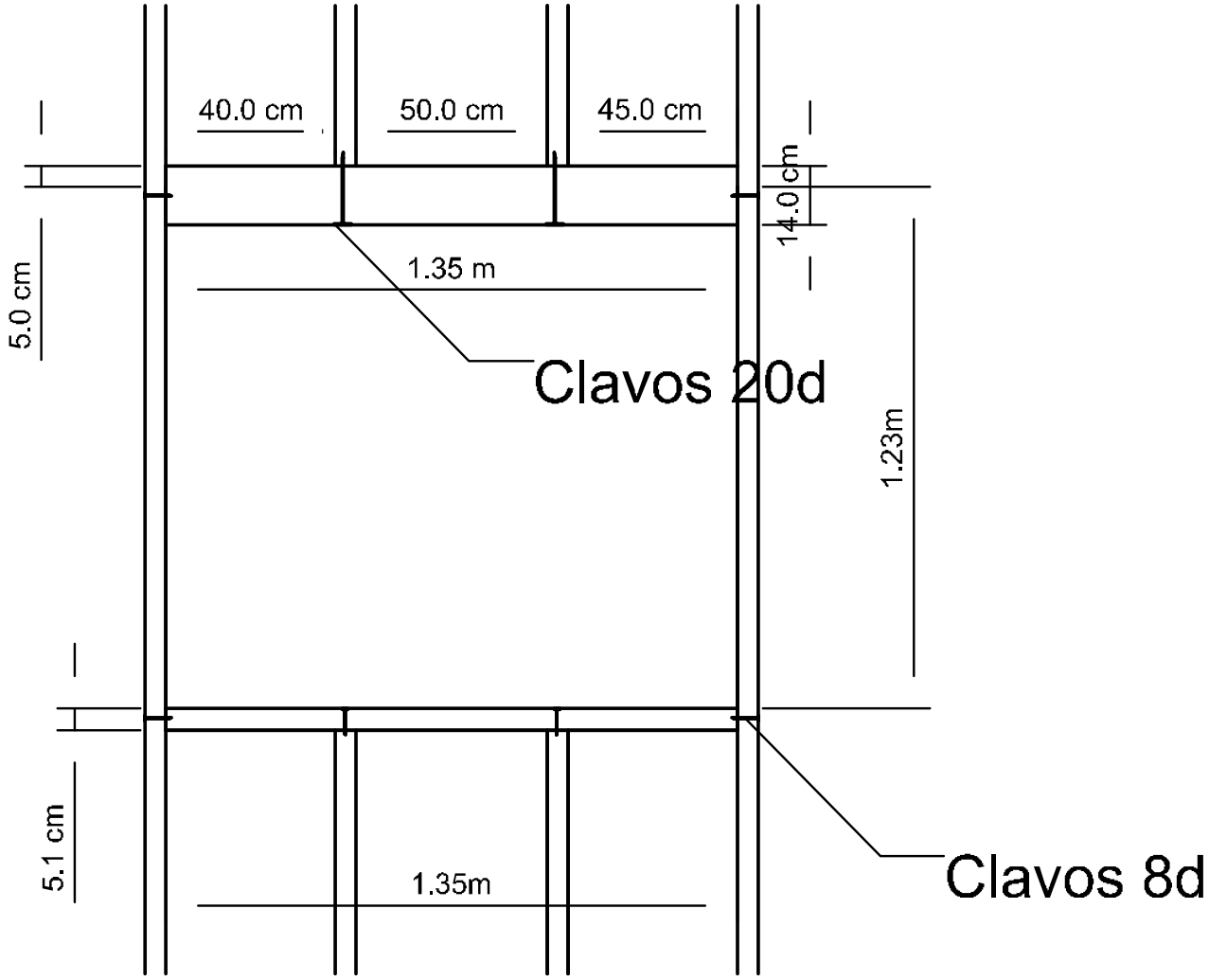
Detalle G. Solera perimetral



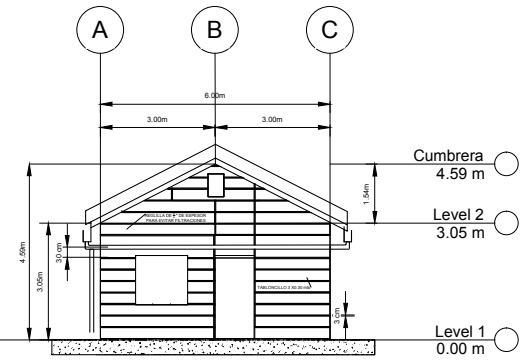
Sección

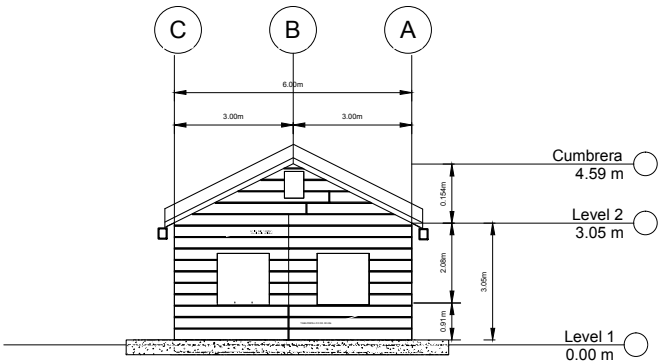


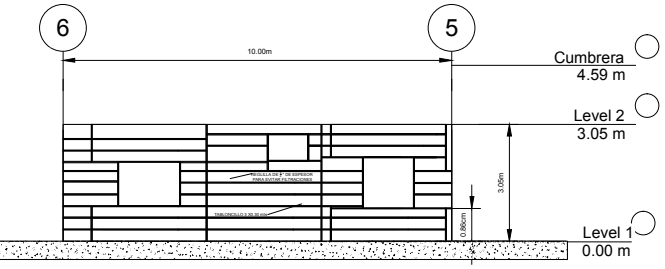
Detalle B

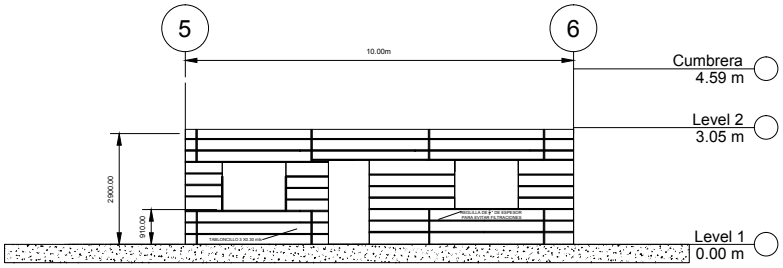


Elevación ventanas Este-Oeste

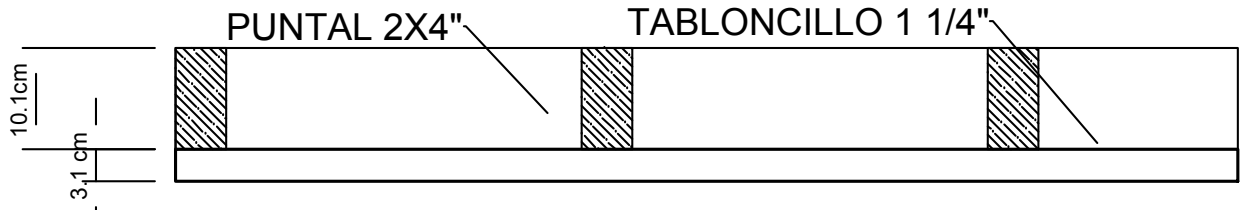

A
B
C
6.00m
3.00m
3.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
4.59m
3.05m
1.54m
0.15m
0.15m


C
B
A
6.00m
3.00m
3.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
0.154m
2.09m
3.05m
0.01m

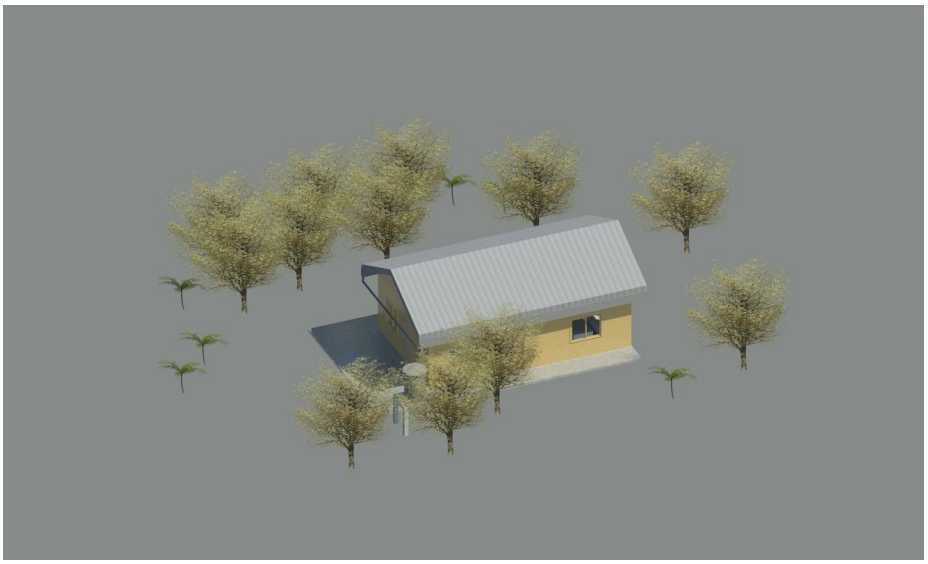

6
5
10.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
3.05m
0.060cm

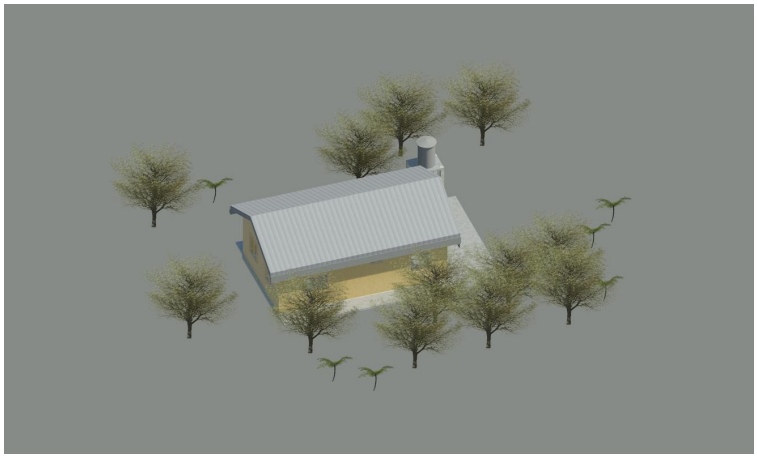

5
6
10.00m
Cumbrera
4.59 m
Level 2
3.05 m
Level 1
0.00 m
2900.00
910.00

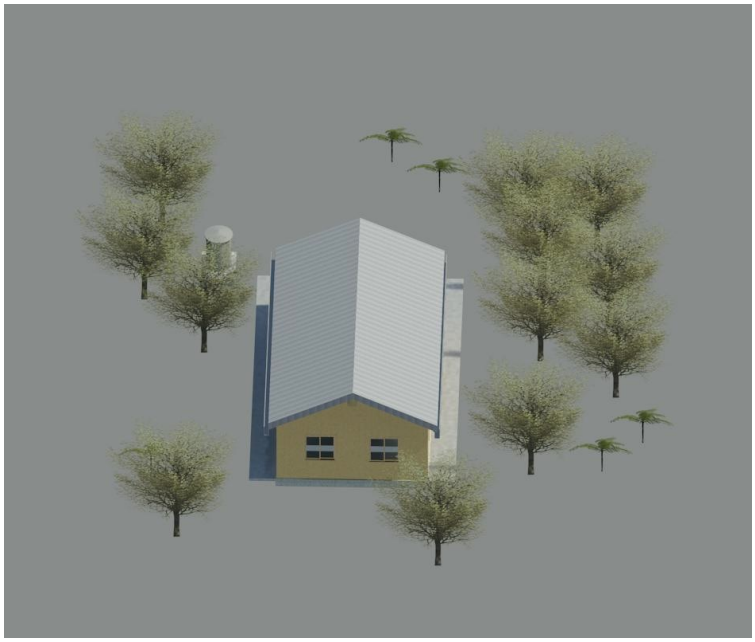
SECCIÓN TRANSVERSAL DE PANEL CON TABLONCILLO

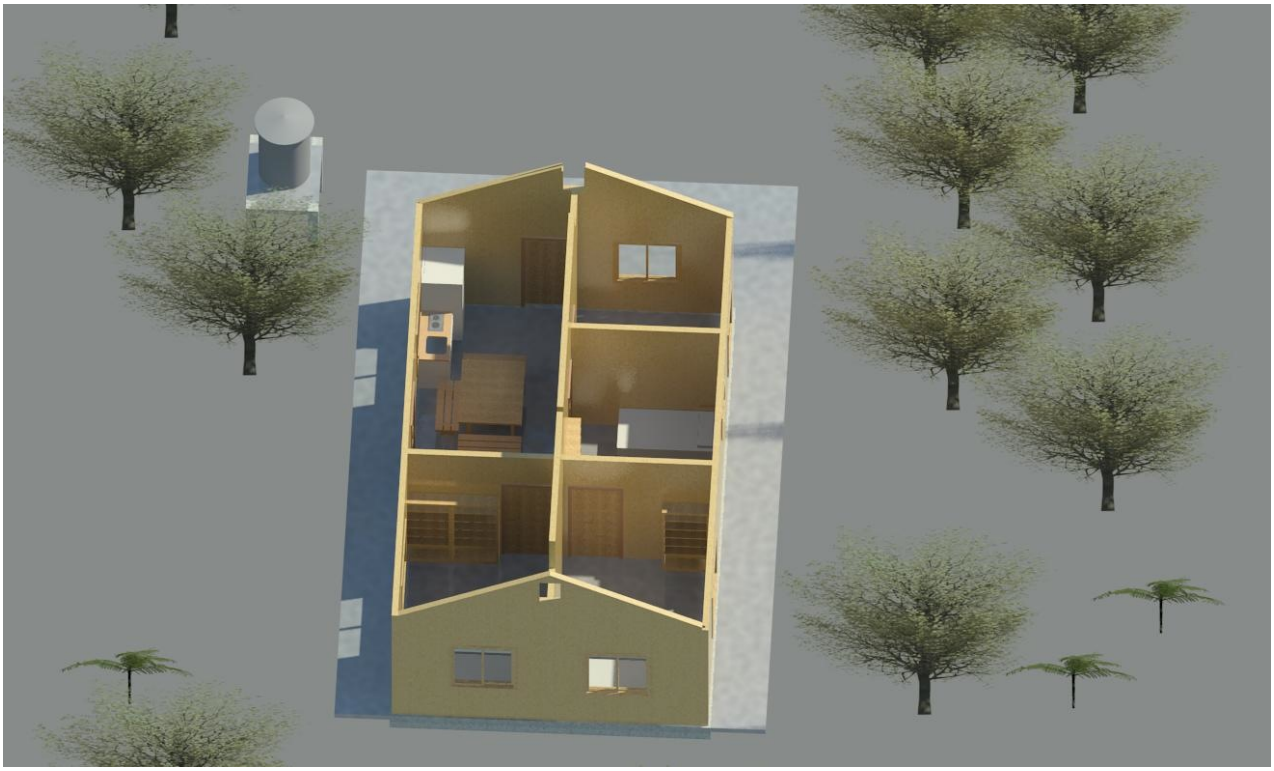


VISTAS DE LA VIVIENDA









RECOMENDACIONES FINALES

1. Escriba en cada pieza de madera que corte el propósito de la misma, de tal modo que sepa para que es cada pieza que corte y así evite confundirse entre todas las piezas que corte. Recuerde que debe respetar el tamaño que se le da a cada pieza. De esta manera evitará desperdiciar mas madera.
2. Puede clasificar las piezas por grupos, por ejemplo puntales de paneles de caras largas, puntales de caras cortas, puntales de paneles interiores, costaneras, vigas principales, dinteles, etc.
3. Asegúrese de instalar de forma segura la canal para agua, verifique que quede fija.
4. Limpie periódicamente las canales ya que estas se llenan de basura, hojas secas y tierra.
5. NUNCA utilice las canales para sostenerse en el techo, estas no son para eso, utilice una escalera en su lugar para darles mantenimiento.
6. Al momento de instalar la reglilla inferior de los paneles sobre el concreto fresco, asegúrese de que el concreto aún este fresco y no un poco endurecido, y no permita que se muevan las reglillas después de instaladas ya que deben estar bien plomeadas.
7. No apile más de 14 sacos de cemento uno sobre el otro, ya que aplastará los sacos que queden hasta abajo.

LISTADO DE MATERIALES COMPLETO

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario
1 carrete de hilo para pescar	1	Unidad	Q50.00
Pernos de anclaje tipo Hilti 1/2" de 20 cm	40	Unidad	Q8.00
Pernos de anclaje tipo Hilti 1/2" de 15 cm	20	Unidad	Q6.00
Clavos de 2 1/2"	24	Libra	Q4.00
Clavos de 4"	5	Libra	Q4.00
Clavos para lámina de 2"	2	Libra	Q4.00
Alambre de amarre	25	Libra	Q4.00
Cal	1	Bolsa	Q35.00
Cemento 4000 psi	63	Sacos	Q71.50
Arena de río	6	m^3	Q95.00
Piedrín de 1/2"	8	m^3	Q216.00
Electromalla de 6" X 6" X 3/16"	12	Unidad	Q162.00
Varillas de hierro de 1/2" de 6 metros	1	Quintal	Q400.00
Varillas de hierro de 1/4" de 1 metro	1	Quintal	Q400.00
Reglillas de madera de 2" X 4" X 3'	56	Pie/tablar	Q7.00
Tablones de madera de 12" X 1" X 1'	16	Pie/tablar	Q7.00
Estacas de madera de 3" X 3" X 1/2'	6	Pie/tablar	Q7.00
Puntales de 13" X 2" X 4.8'	367	Pie/tablar	Q7.00
Tablones de 20" X 4" x 3'	199	Pie/tablar	Q7.00
Reglillas de madera de 1 1/2" X 2 1/2"	37	Pie/tablar	Q7.00
Tabloncillos de 12" X 1 1/4" X 10'	2250	Pie/tablar	Q7.00
Puntales de 4" X 4" X 10'	213	Pie/tablar	Q7.00
Reglillas de madera de 1 1/2" X 3/8" X 10'	84	Pie/tablar	Q7.00
Vigas de madera de 5 1/2" X 2 1/2" X 11'	252	Pie/tablar	Q7.00
Vigas de madera de 2 1/2" X 1 1/2" x 4'	100	Pie/tablar	Q7.00
Puntales de madera de 4" X 2" X 15'	150	Pie/tablar	Q7.00
Puntales de madera de 4" X 2" X 10'	799	Pie/tablar	Q7.00
Lámina de zinc calibre 26 de 9'	24	Unidad	Q305.10
Canaleta de PVC de 2'	4	Unidad	Q435.80
Soportes para canal	20	Unidad	Q7.00
Tapas para canal	2	Par	Q22.50
Tubos PVC de 4" de 80 psi	3	Unidad	Q308.00
Codos de 90° PVC	3	Unidad	Q98.20
Rollo de recubrimiento asfáltico	1	Unidad	Q500.00
Pomo de sicaflex	2	Pomo	Q55.00

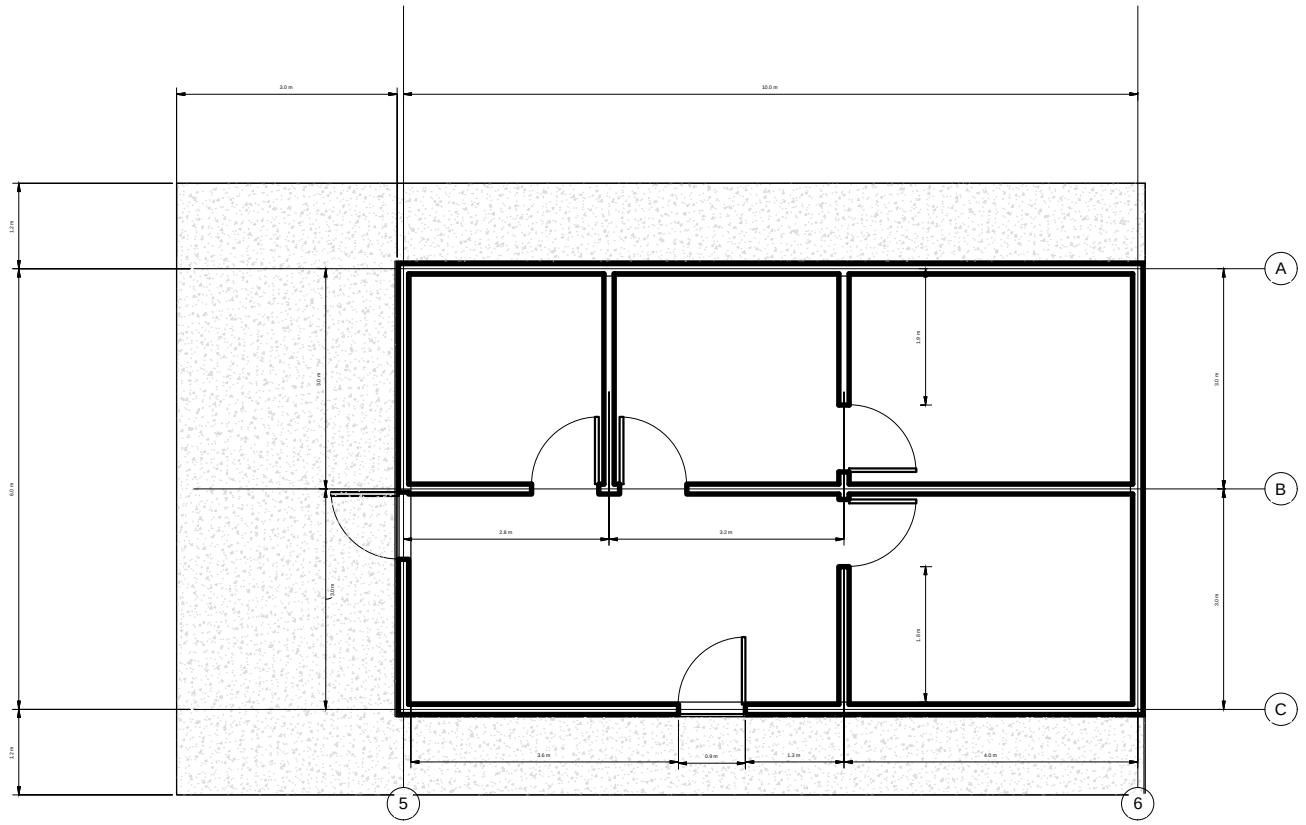
3. Planos constructivos de la vivienda de madera

Los planos constructivos constan de lo siguiente:

a) Planta de distribución
b) Vigas primarias y secundarias
c) Planta arquitectónica
d) Planta de cubierta
e) Elevaciones
f) Vista de paneles
g) Elevación sur
h) Elevación norte
i) Elevación este
j) Detalle de ventanas
k) Detalle de conexiones
l) Solera
m) Elevación detalles vista este
n) Elevación detalles vista oeste
o) Elevación detalles vista sur
p) Elevación detalles vita norte
q) Detalles de cubierta
r) Elevación arquitectónica sur
s) Elevación arquitectónica oeste
t) Elevación arquitectónica este
u) Elevación arquitectónica norte
v) Vista 3D Conceptual
w) Elevación de panel interior 1
x) Elevación de panel interior 2

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
REVISO:

CONTIENE: **Planta**

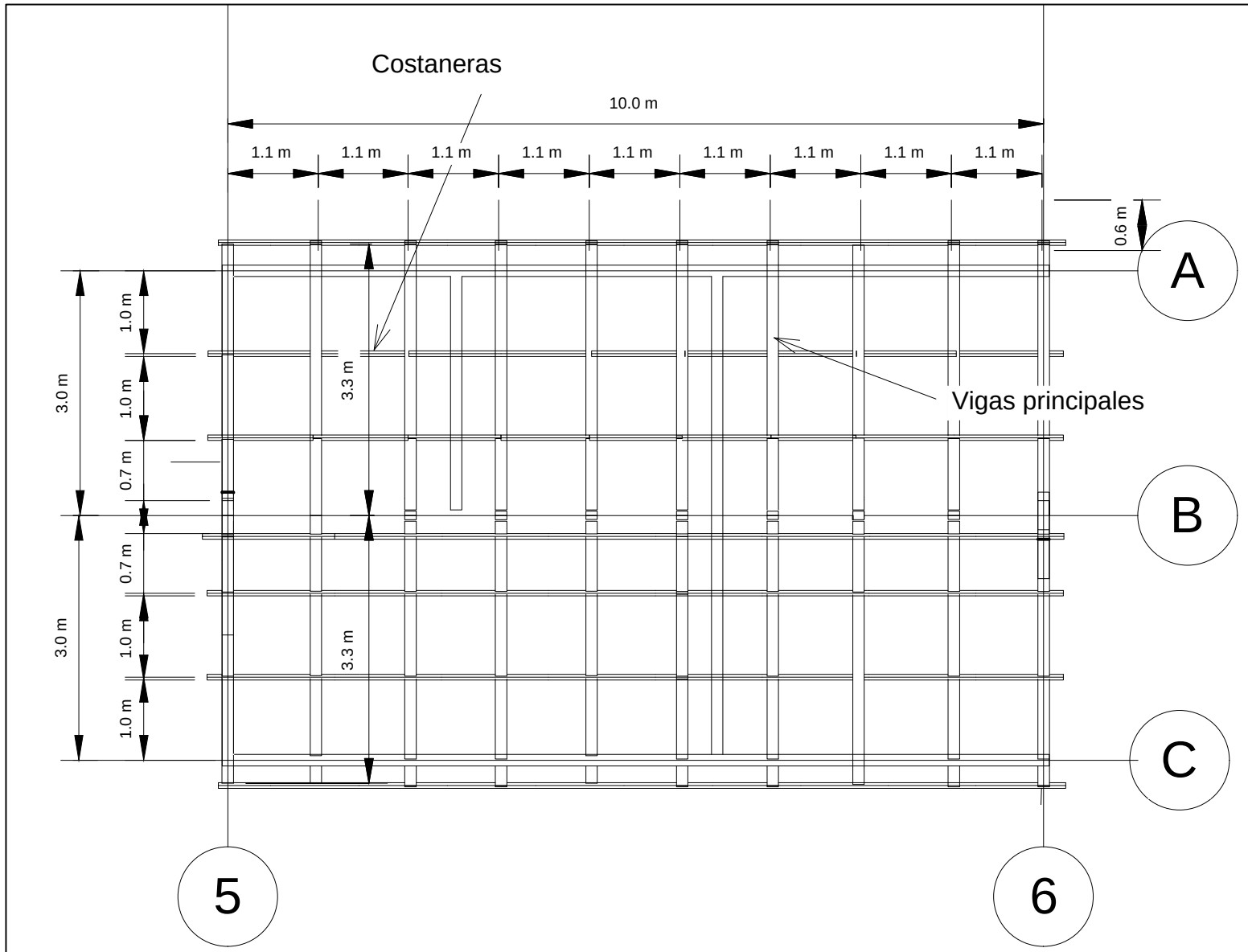
HOJA No.: 1 / 24

FIRMA:

Planta de distribución

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

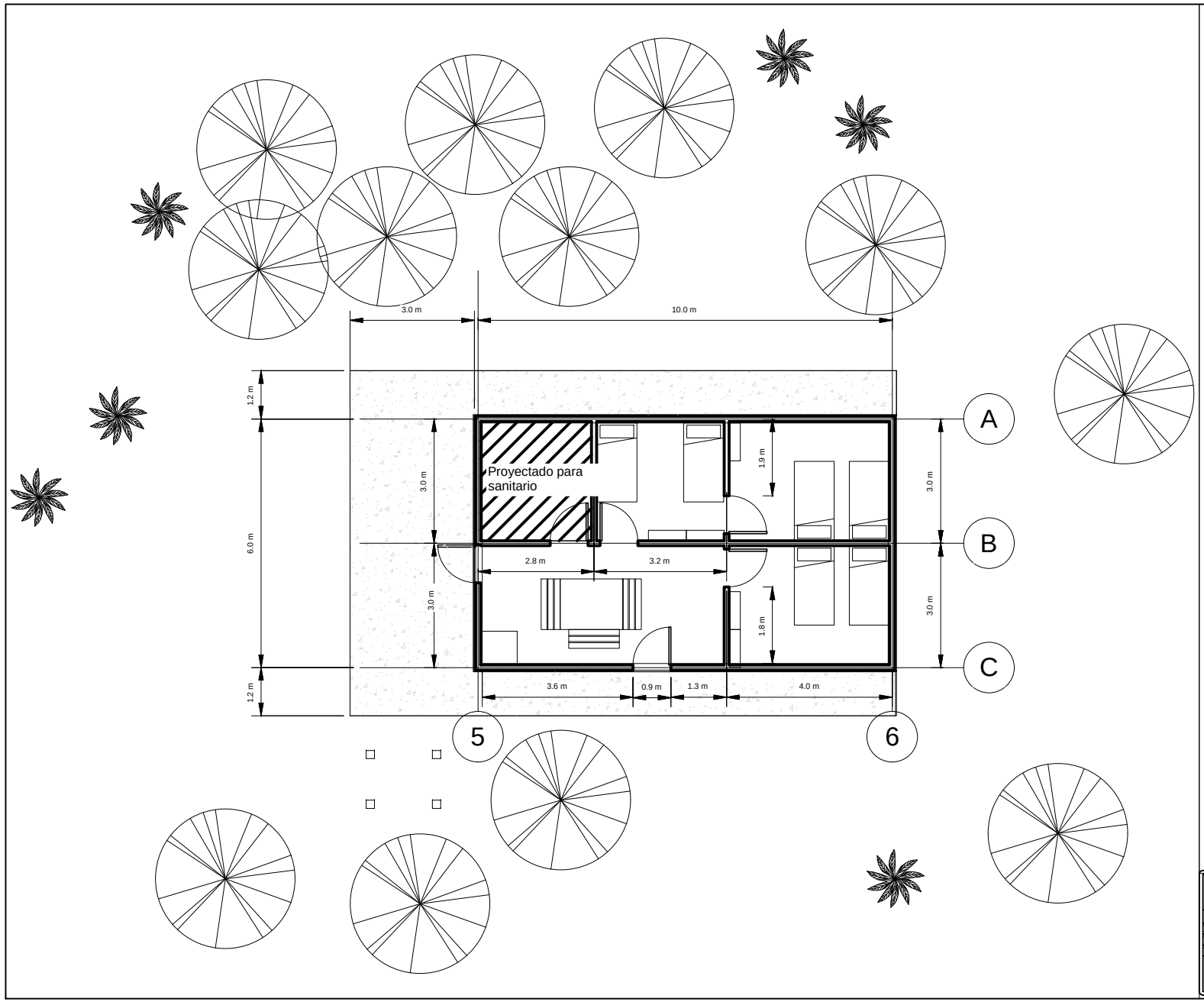
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN:
MORALES,IZABAL
FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:
CONTIENE:
Planta de vigas
HOJA No.: 2 / 24
FIRMA:

Vigas primarias y secundarias

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.90
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**

FECHA: AGO 2014
DISEÑO: Indicado
DIBUJO:

CONTIENE: **Arquitectura**

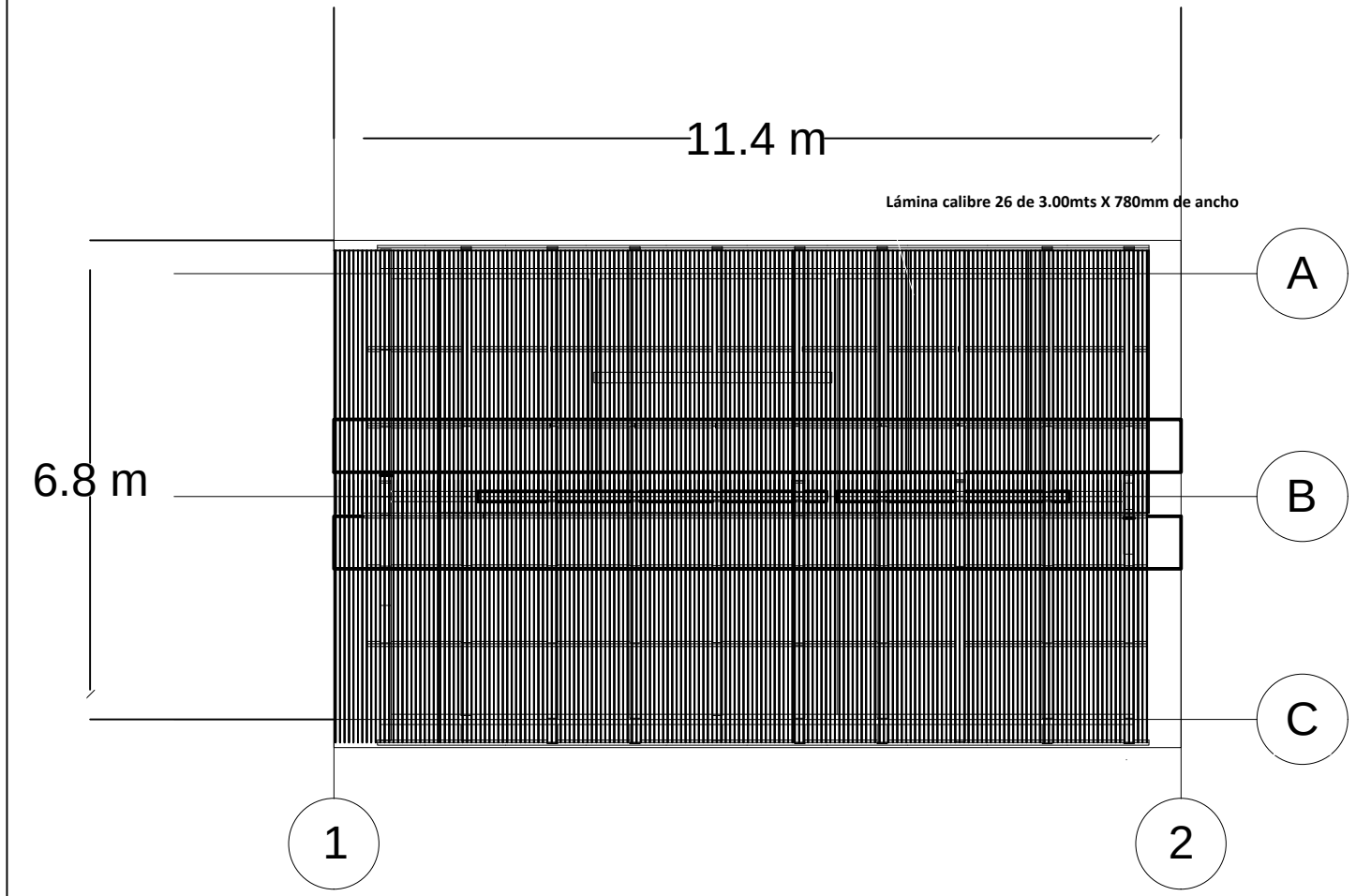
HOJA No.: 3 / 24

FIRMA:

Planta arquitectónica

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN:
MORALES,IZABAL

FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
REVISO:

CONTIENE:
Cubierta de lámina

HOJA No.: 4 / 24

FIRMA:

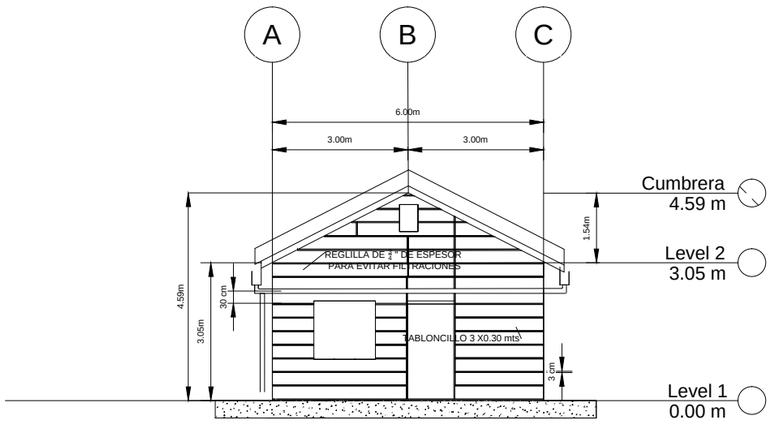
Planta de cubierta

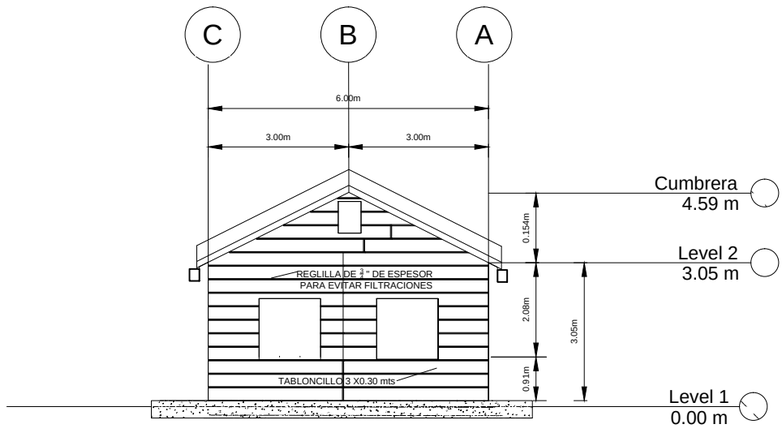
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

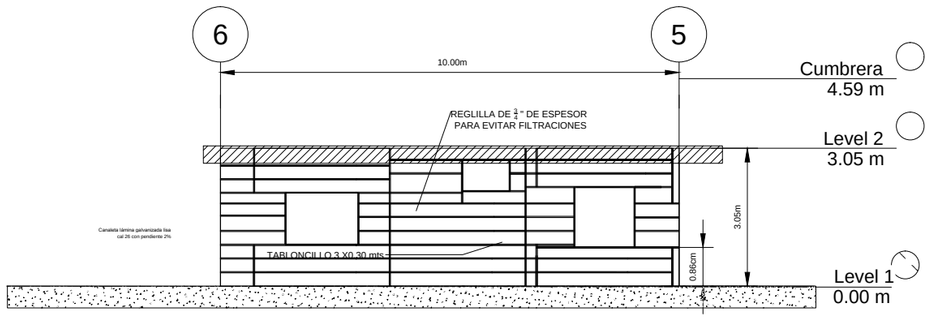
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

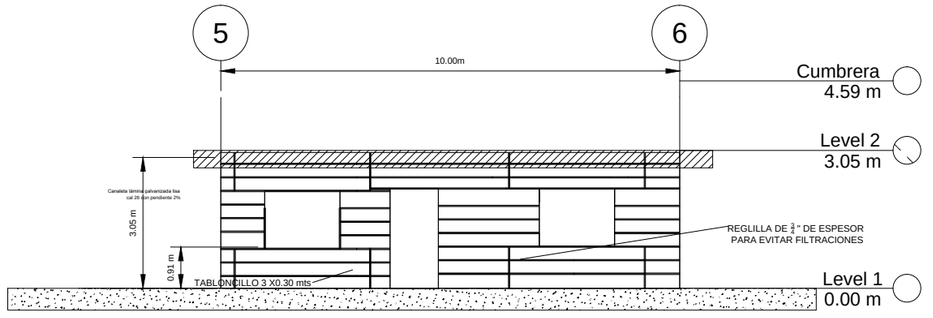
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT









NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

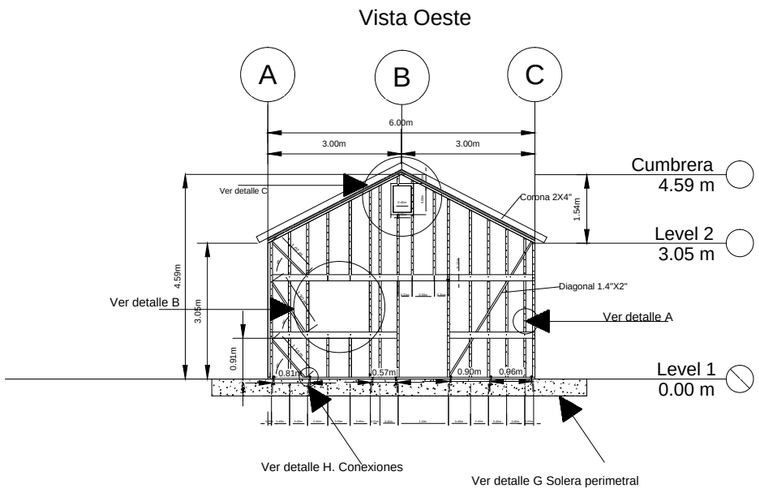
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

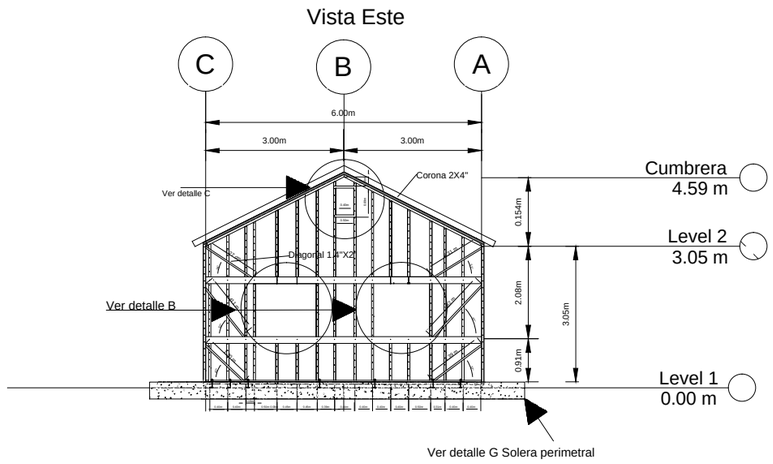
FECHA:	CONTIENE:	HOJA No.	FIRMA:
JULIO 2014	Elevaciones generales	5 / 24	
ESCALA: 1:100			
DIBUJO:			

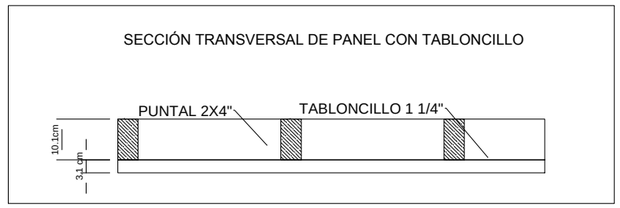
Elevaciones

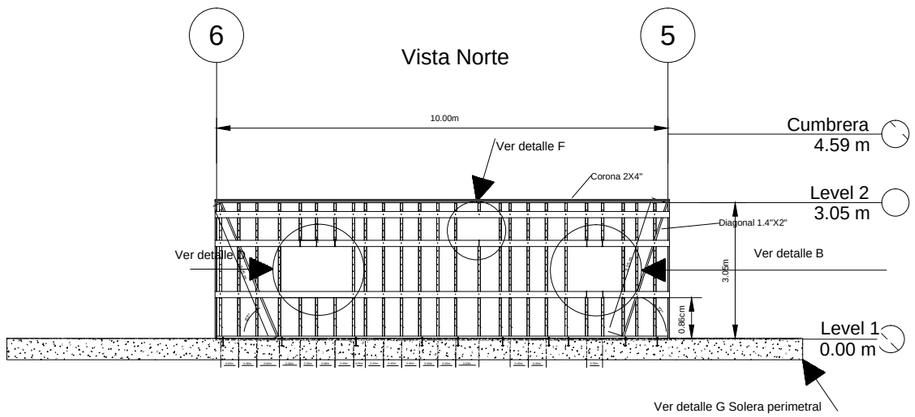
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

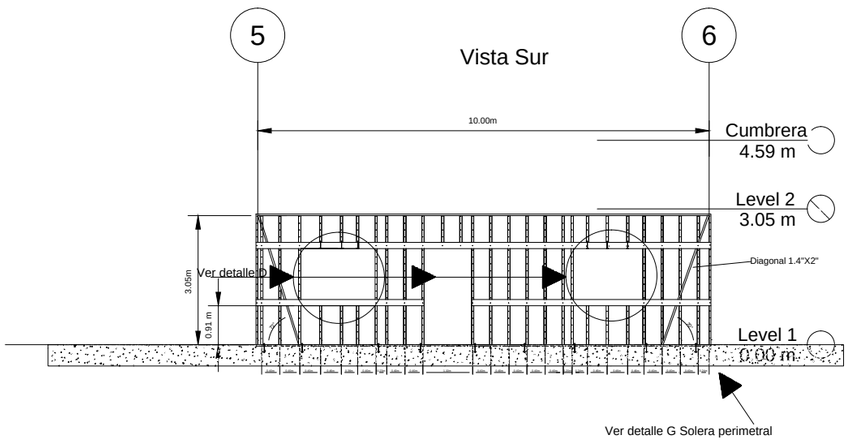
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT











NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:

CONTIENE: **Vista de puntales**

HOJA No. 6/24

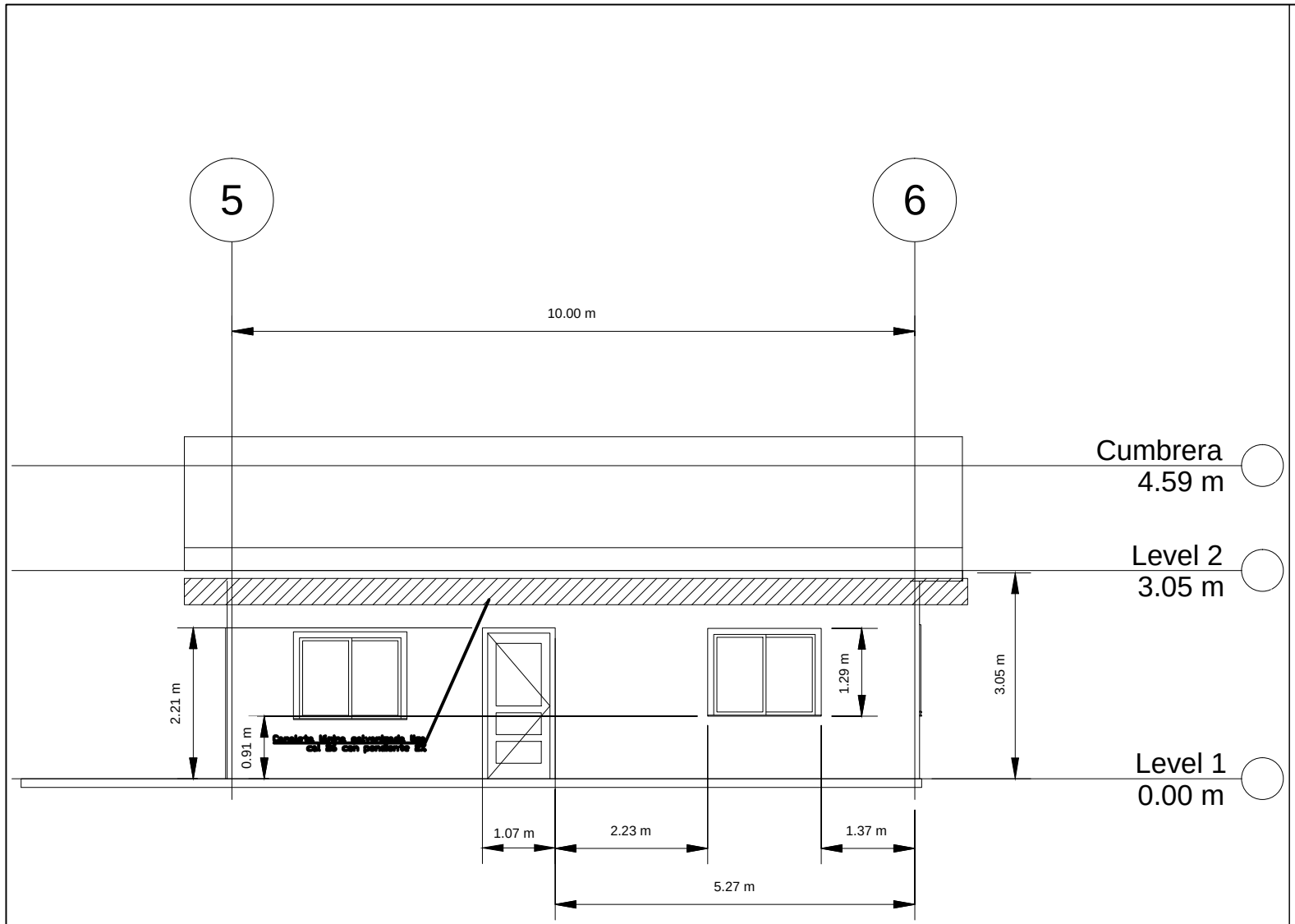
FIRMA:

Vistas de paneles

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

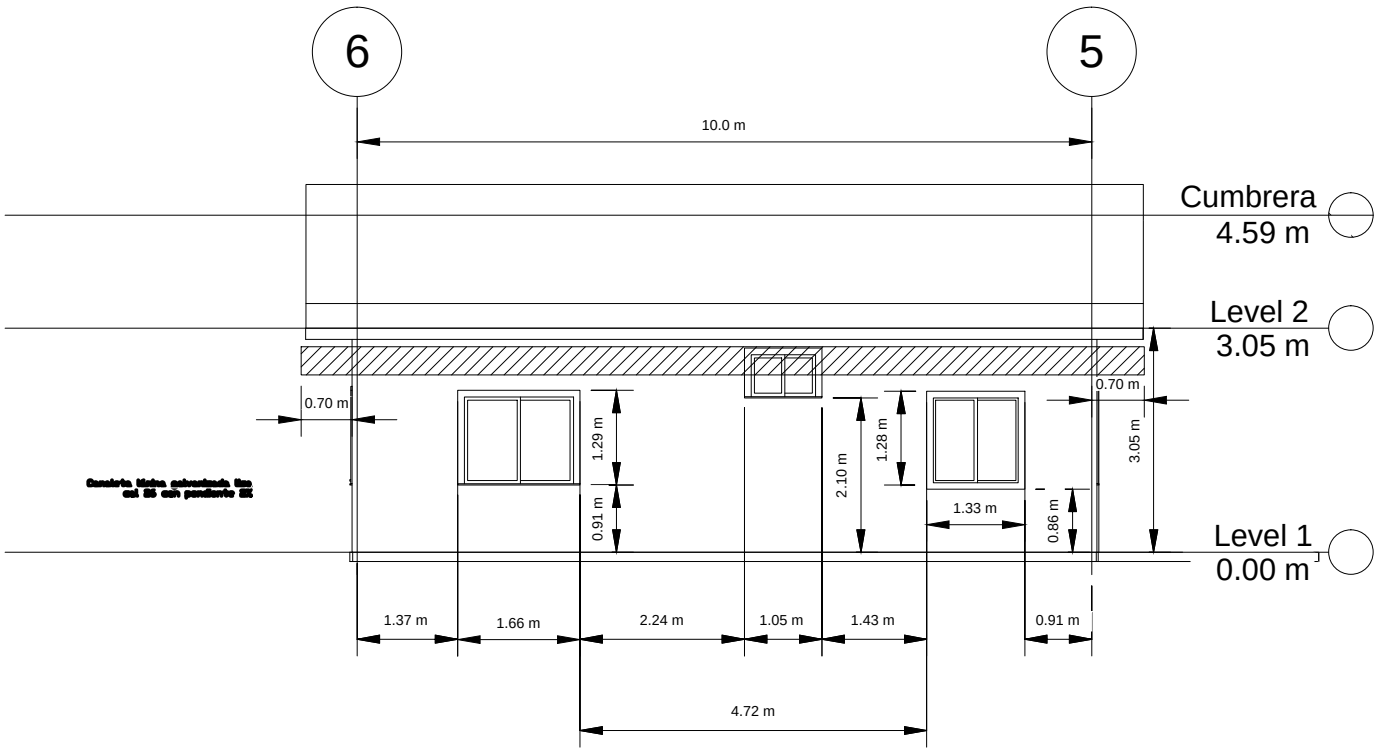
PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
REVISO:
CONTIENE: **Elevación Sur**
HOJA No.: 7 / 24
FIRMA:

Elevación sur

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:

CONTIENE: **DETALLES**

HOJA No.: 8 / 24

FIRMA:

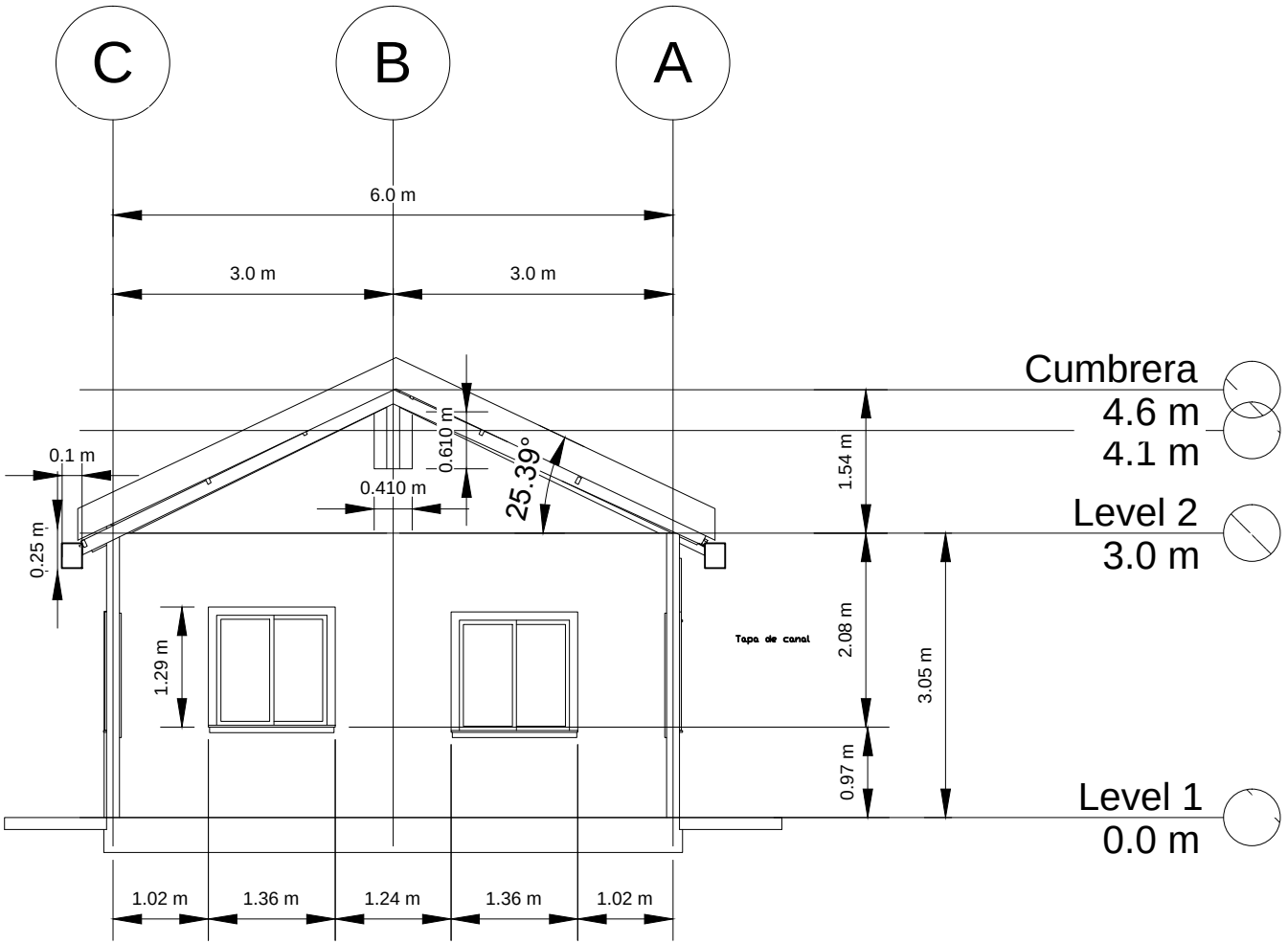
Elevación norte

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

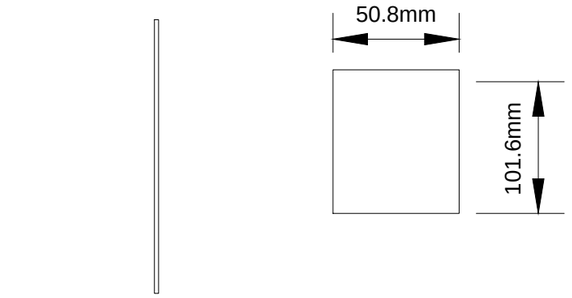
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: AGO 2014
ESCALA: 1:100
REVISO:
CONTIENE: **ELEVACIÓN**
HOJA No.: 9/24
FIRMA:

Elevacion Este

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

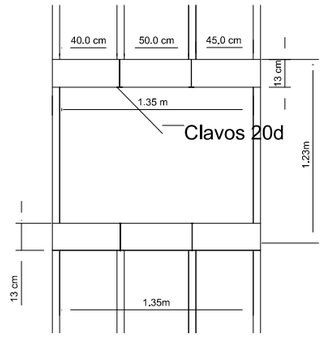
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Detalle A



Elevación puntal Sección de puntal

Detalle B



Elevación ventanas Este-Oeste

NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

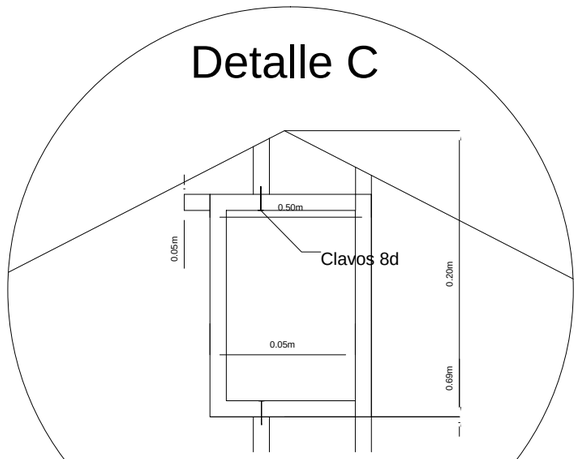
MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

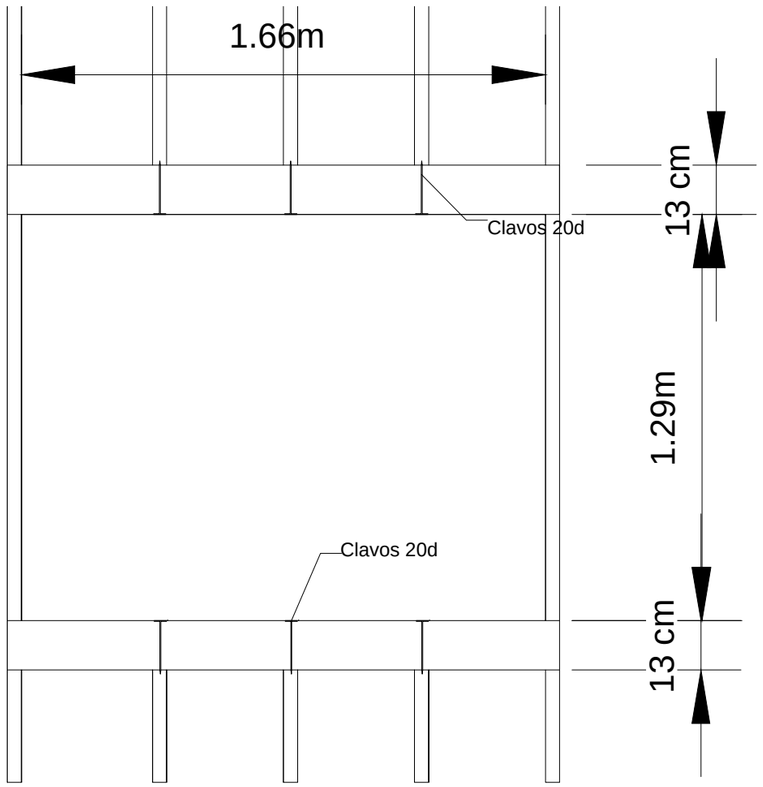
PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

Detalle C



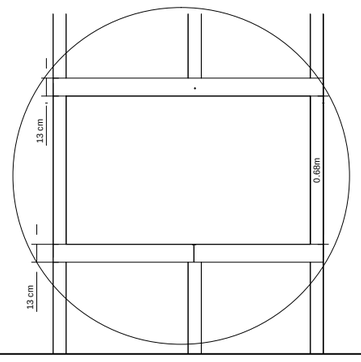
Elevación abertura para circulación de aire

Detalle D



Elevación ventanas Norte-Sur

Detalle F



PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:

CONTIENE: **DETALLES**

HOJA No. 10/24

FIRMA:

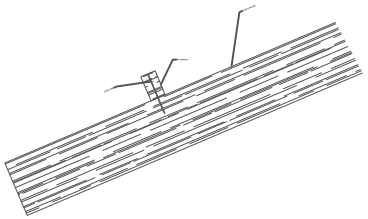
Detalle de ventanas

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

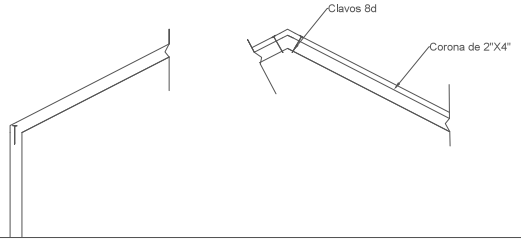
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

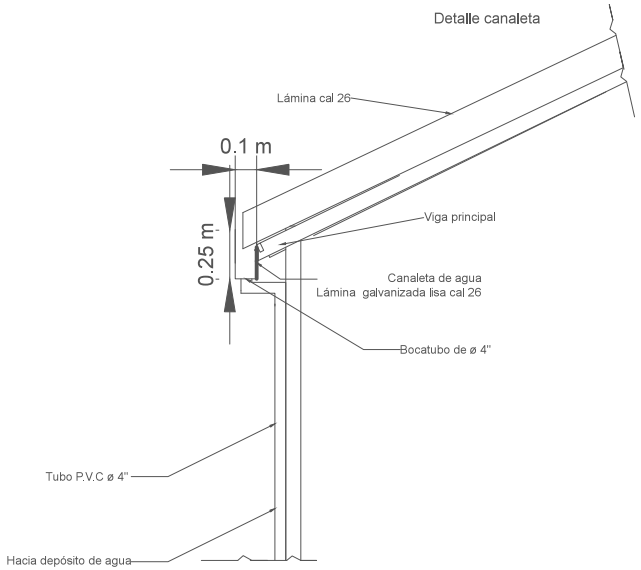
Detalle de conexión a de costanera a viga principal



Detalle de conexión en marcos



Detalle canaleta



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

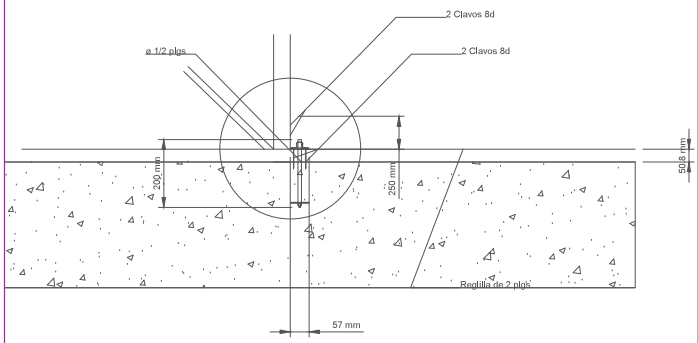
MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

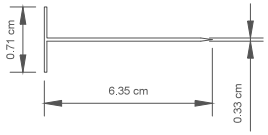
CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

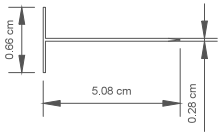
Detalle H. Conexión



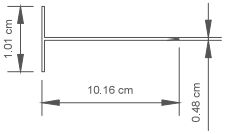
Clavo estándar 8d



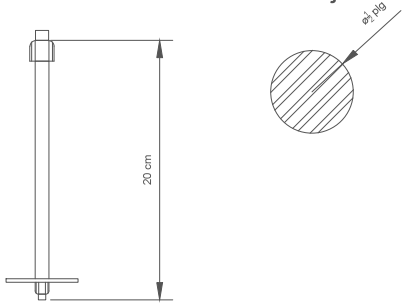
Clavo estándar 6d



Clavo estándar 20d



Perno de anclaje

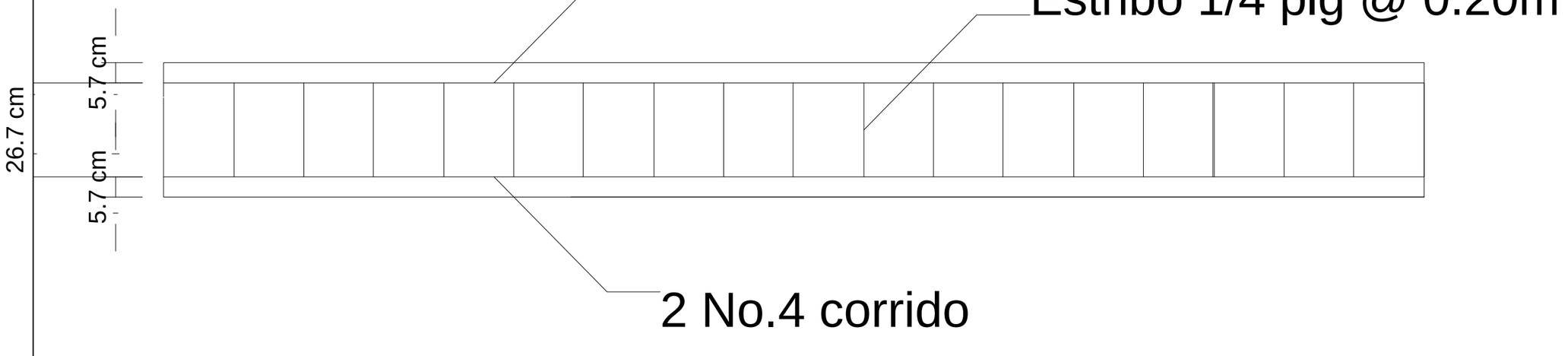


PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: MORALES,IZABAL
FECHA: AGOSTO 2014
ESCALA: 1:100
DISEÑO:
CONTIENE: DETALLES DE CONEXIONES
HOJA No.: 11 / 24
FIRMA:

CONEXIONES

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Detalle G. Solera perimetral



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

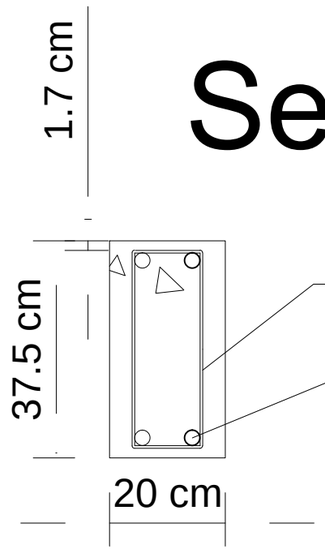
MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

Sección



Estribo 1/4 plg @ 0.20m

2 No.4 corrido

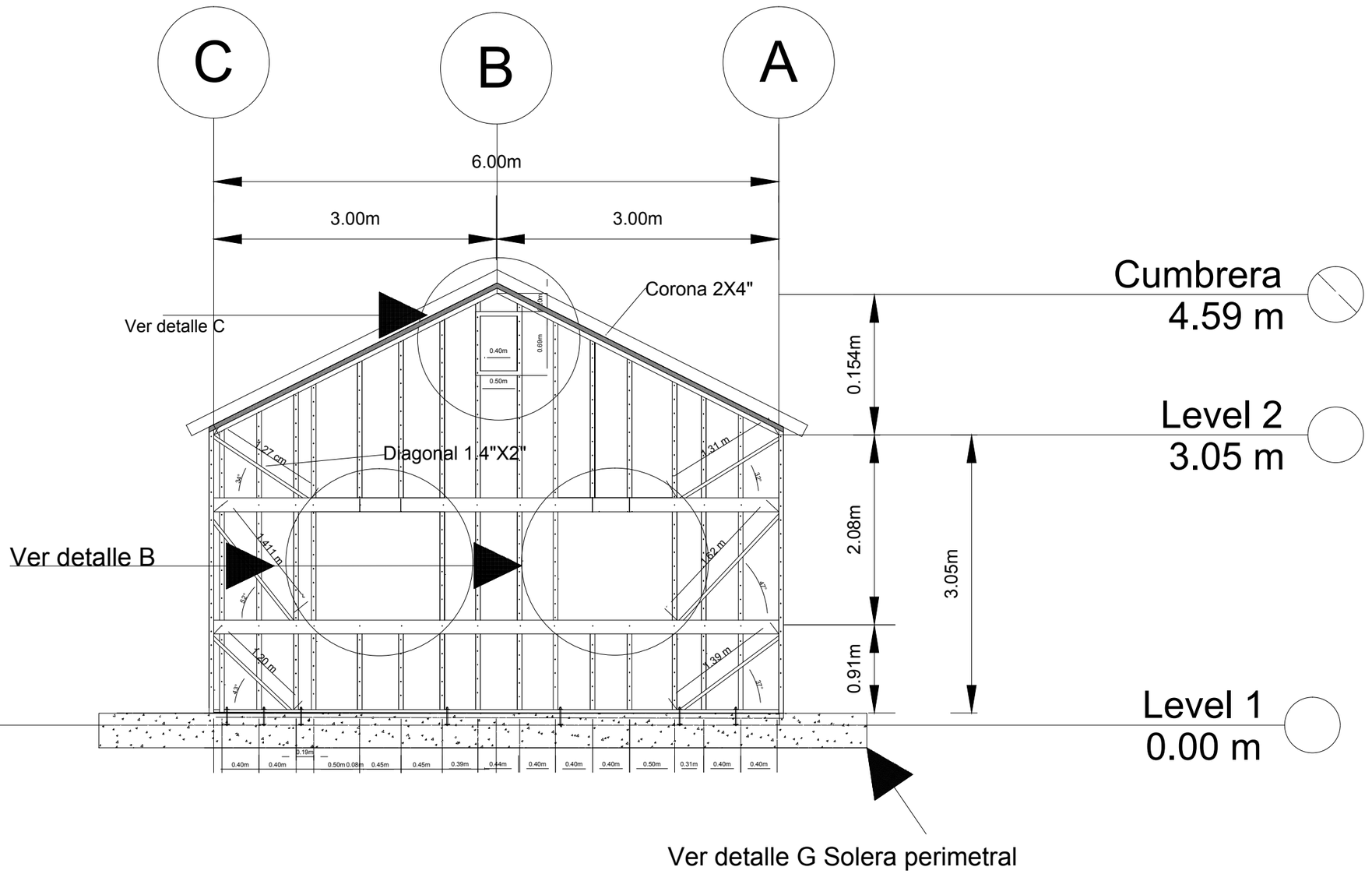
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:
CONTIENE: **SOLERA**
HOJA No. 12/24
FIRMA:

SOLERA

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Vista Este



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

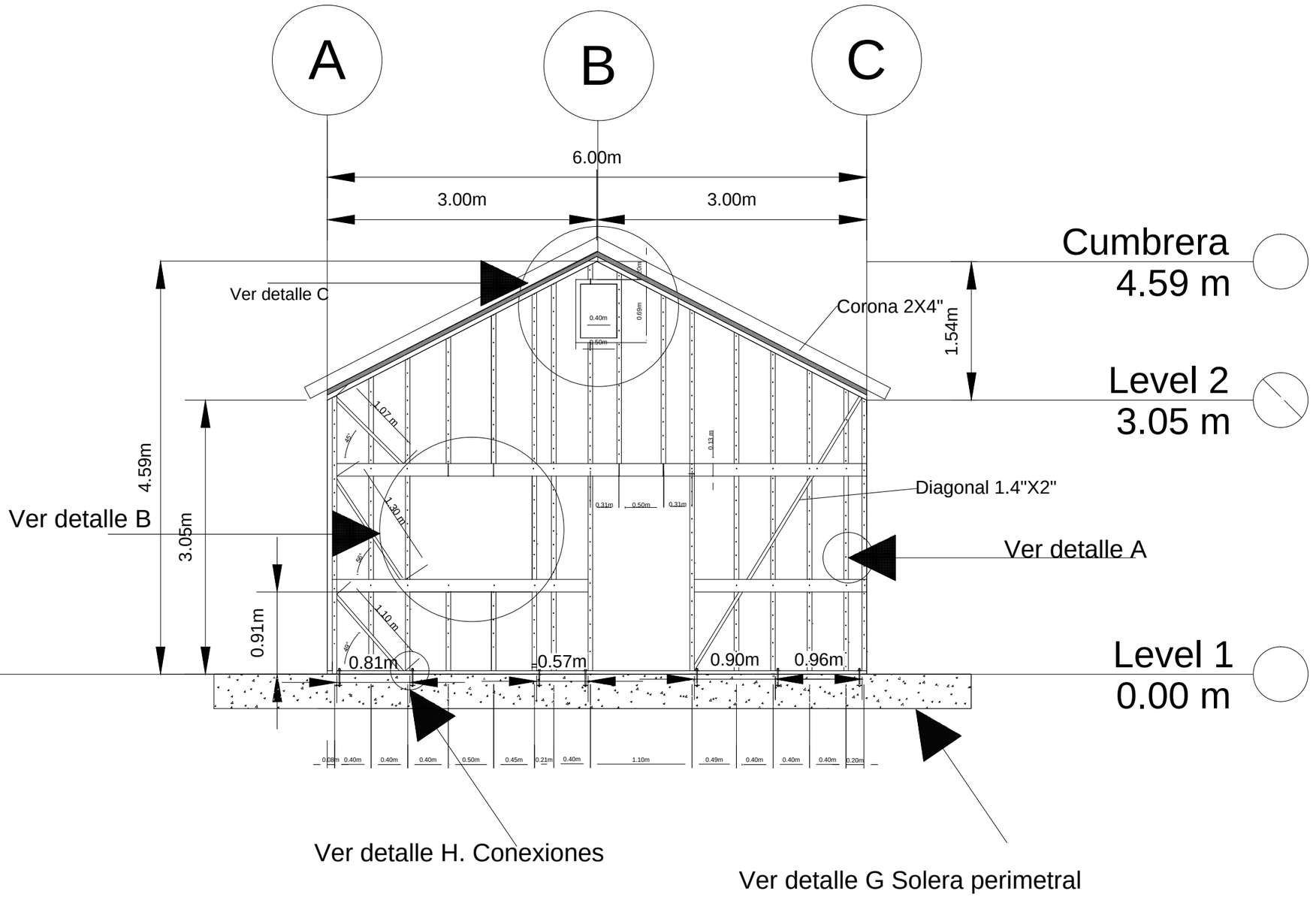
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:
CONTIENE: **Vista Este**
HOJA No. 13/24
FIRMA:

Elevación vista Este

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Vista Oeste



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

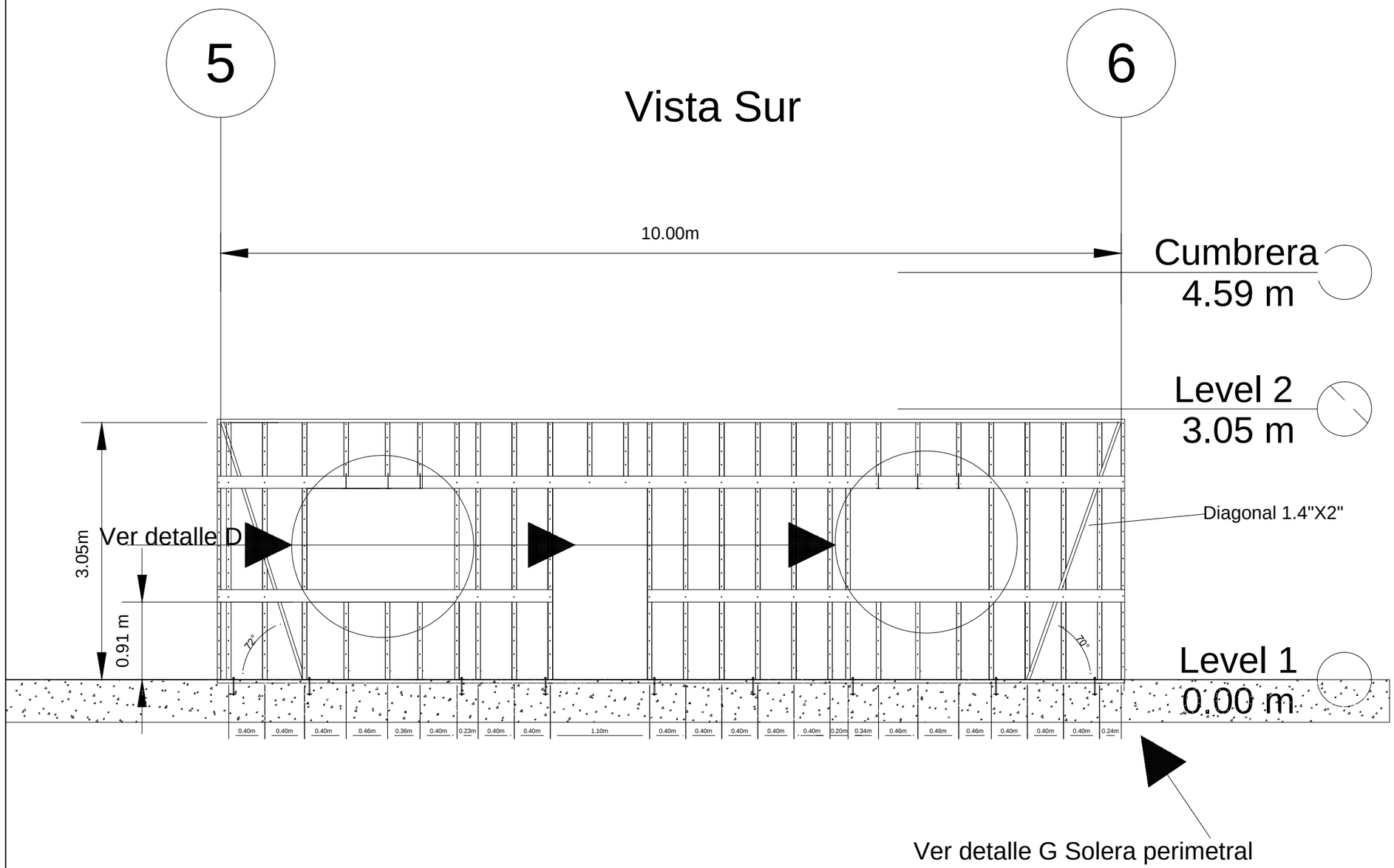
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
CONTIENE: **Vista Oeste**
HOJA No. 14/24
FIRMA:

Elevación vista Oeste

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Vista Sur



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**

FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:

CONTIENE: **Vista Sur**

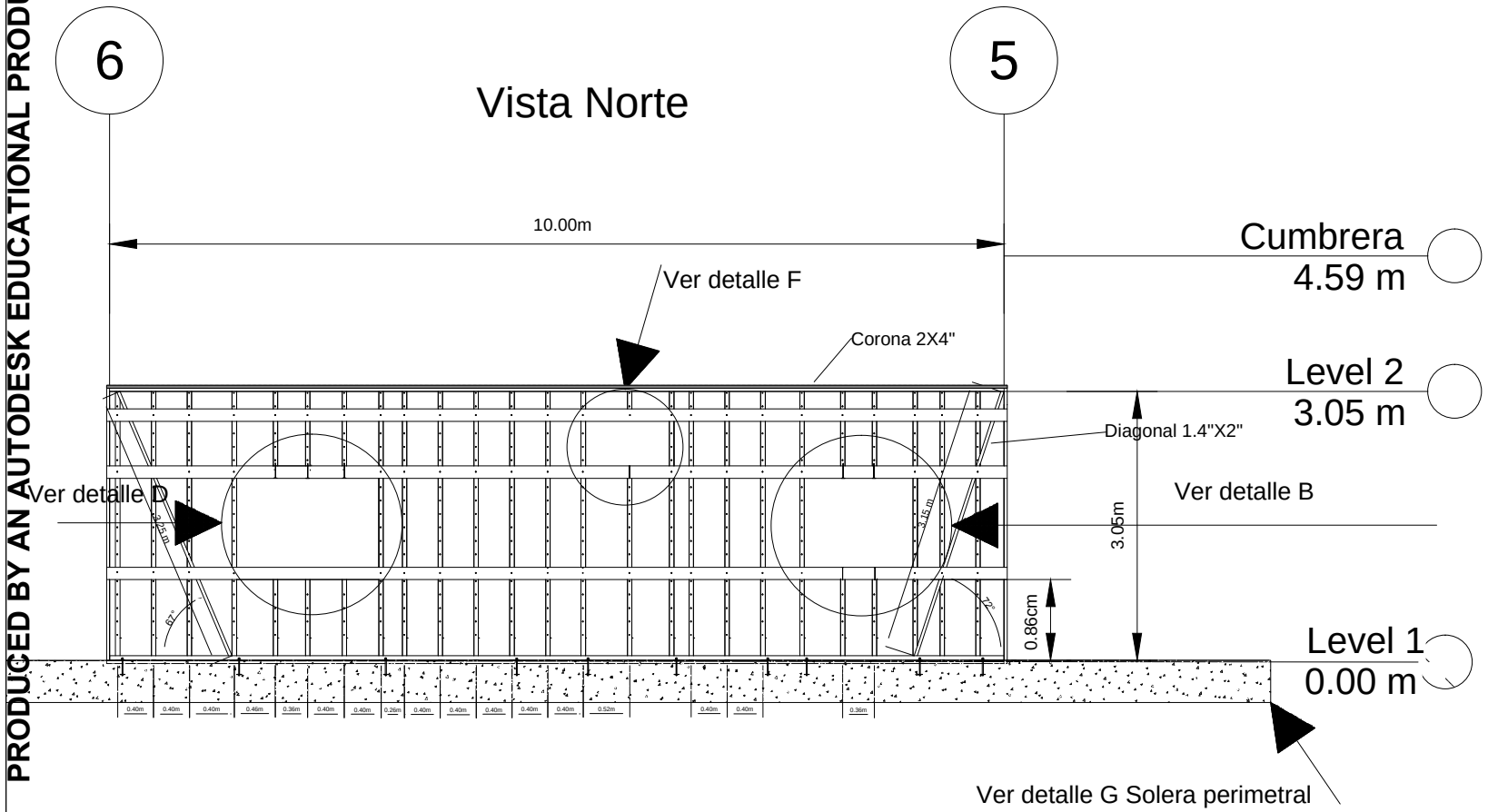
HOJA No. 15/24

FIRMA:

Elevación vista Sur

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:
CONTIENE: **Vista Norte**
HOJA No.: 16 / 24
FIRMA:

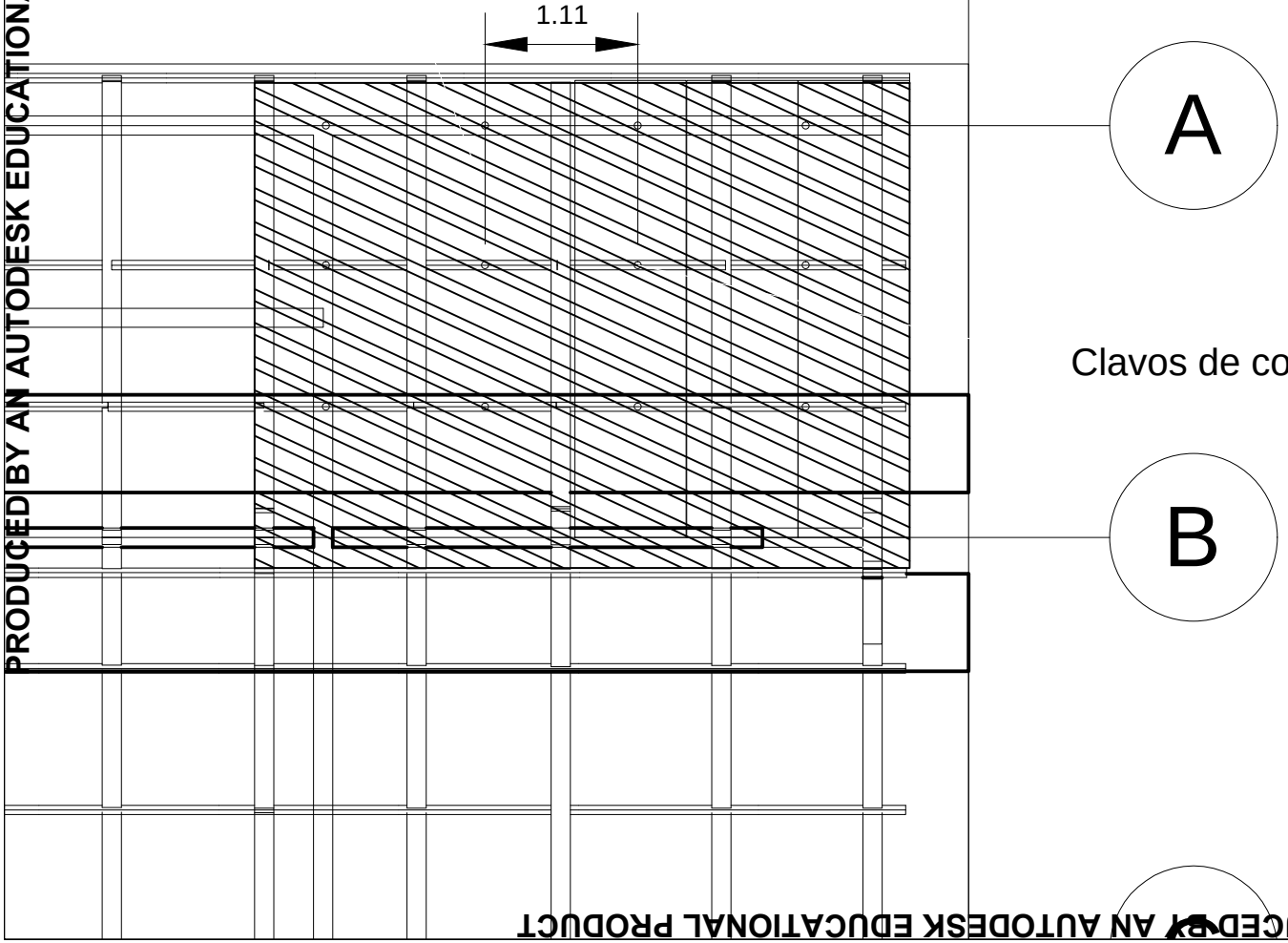
Elevación Vista Norte

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Detalle de conexión a de lámina a costanera

Lámina calibre 26 de 3.66 mts X 780mm de ancho



NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

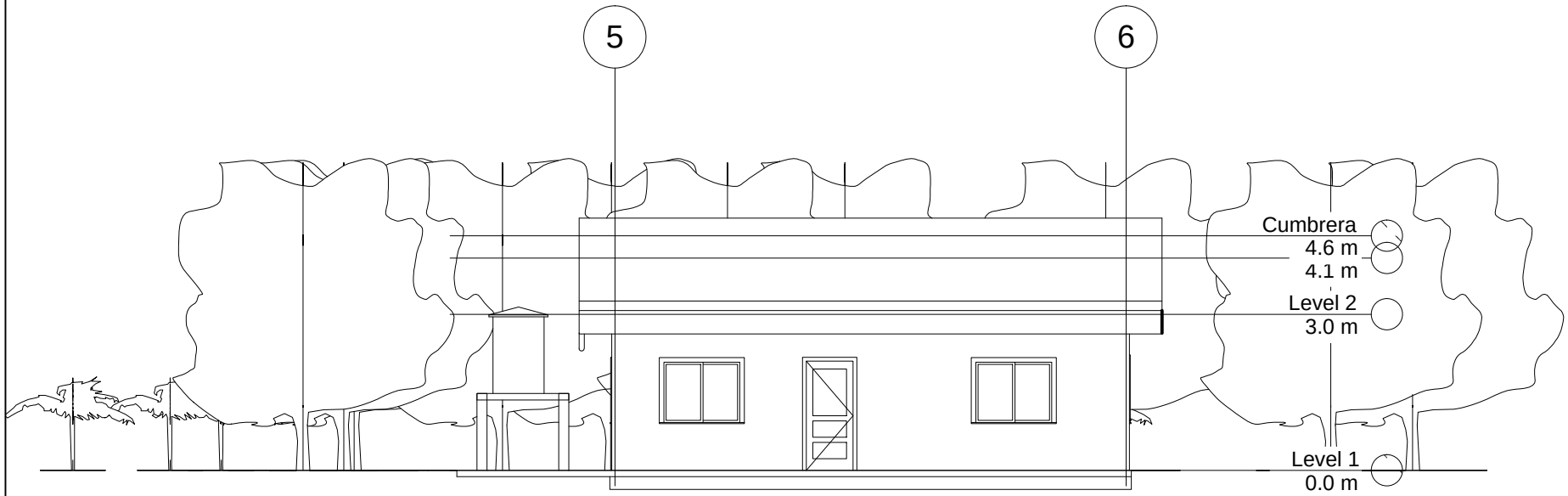
PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACIÓN: **MORALES,IZABAL**
FECHA: JULIO 2014
ESCALA: 1:100
DIBUJO:
CONTIENE: **Cubierta**
HOJA No.: 17/24
FIRMA:

Cubierta

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PROYECTO: **CASA MODELO**			
UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**			
Fecha: JULIO 2014	CONTIENE: **Elevaciones**	HOJA No. 18 / 24	FIRMA:
Escala: Indicada			
Plano:			
Elevación Sur			

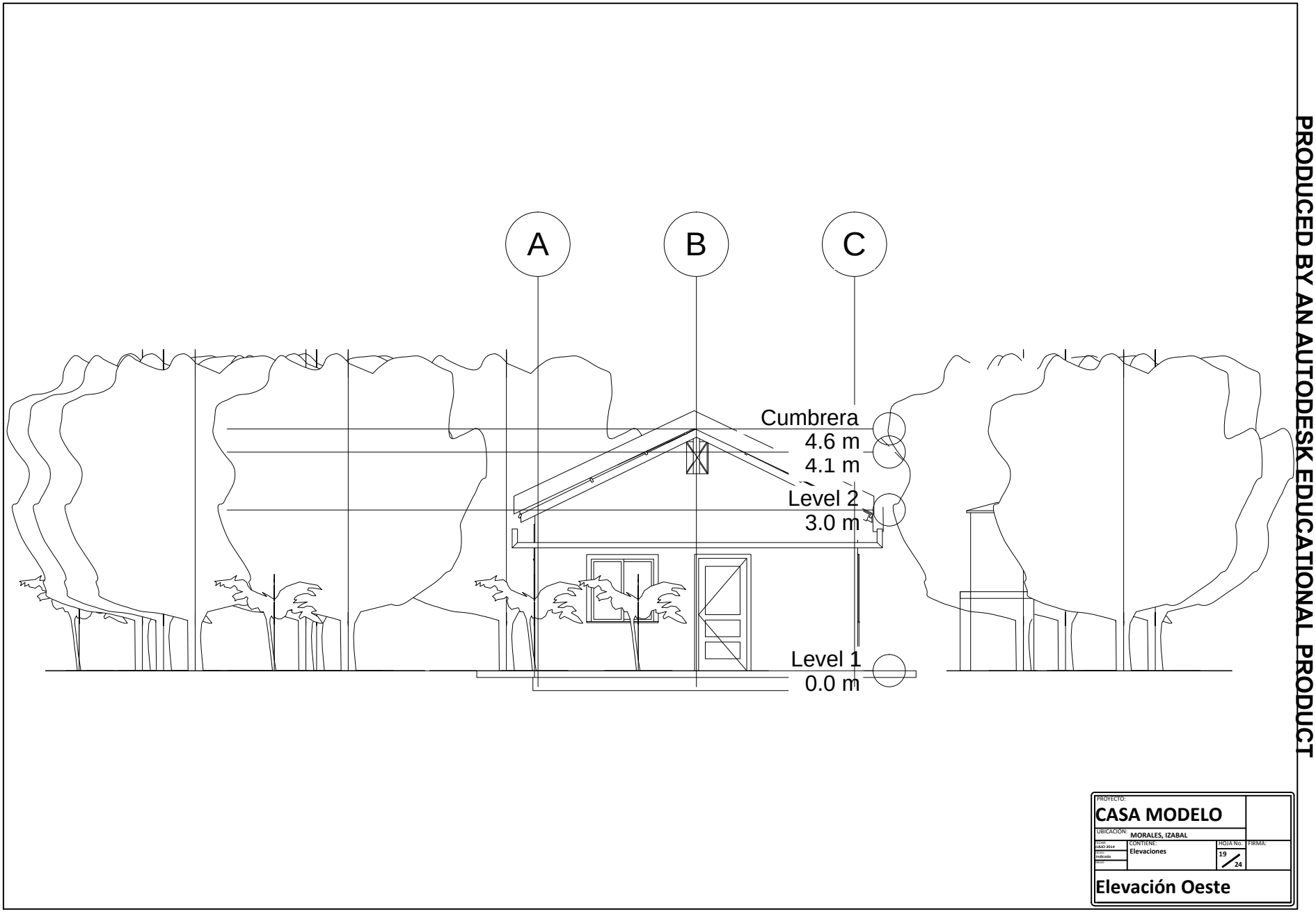
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**

FECHA: JULIO 2014
REVISADO:
CONTIENE: **Elevaciones**
HOJA No. 19 / 24
FIRMA:

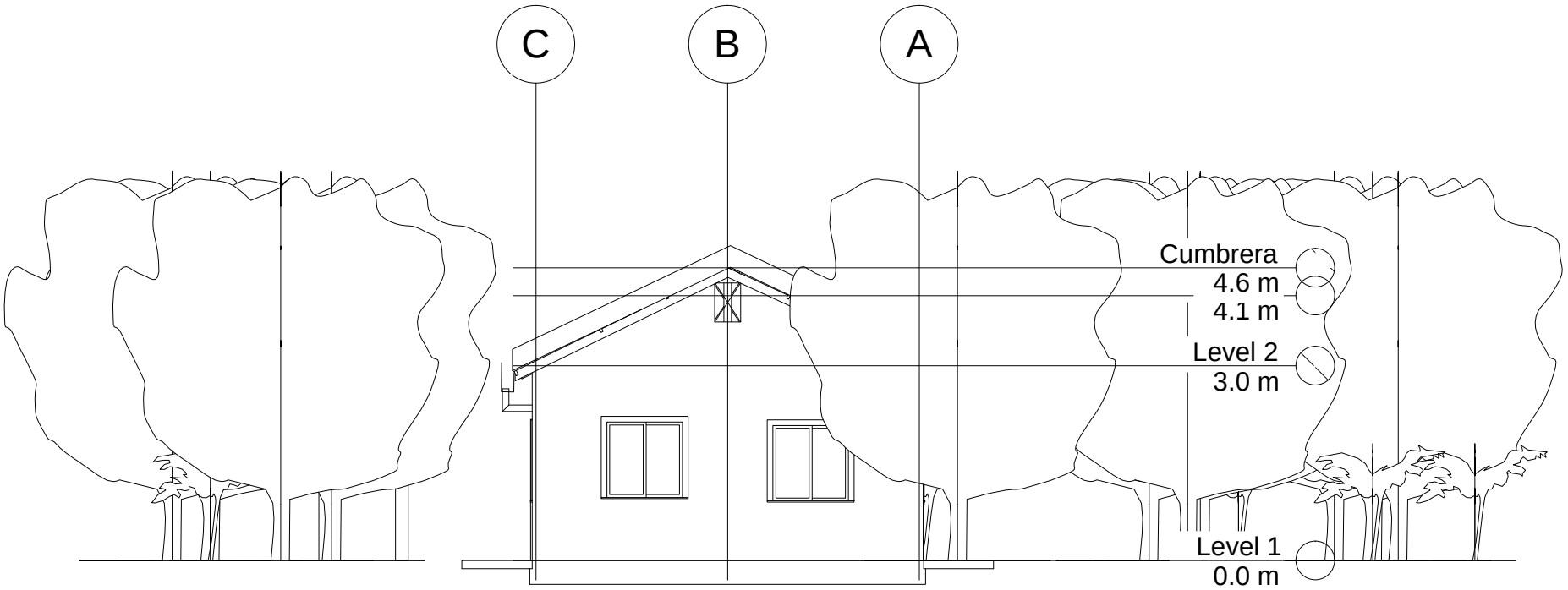
Elevación Oeste

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**

FECHA: JULIO 2014
ESCALA: Indicada
DIBUJO:

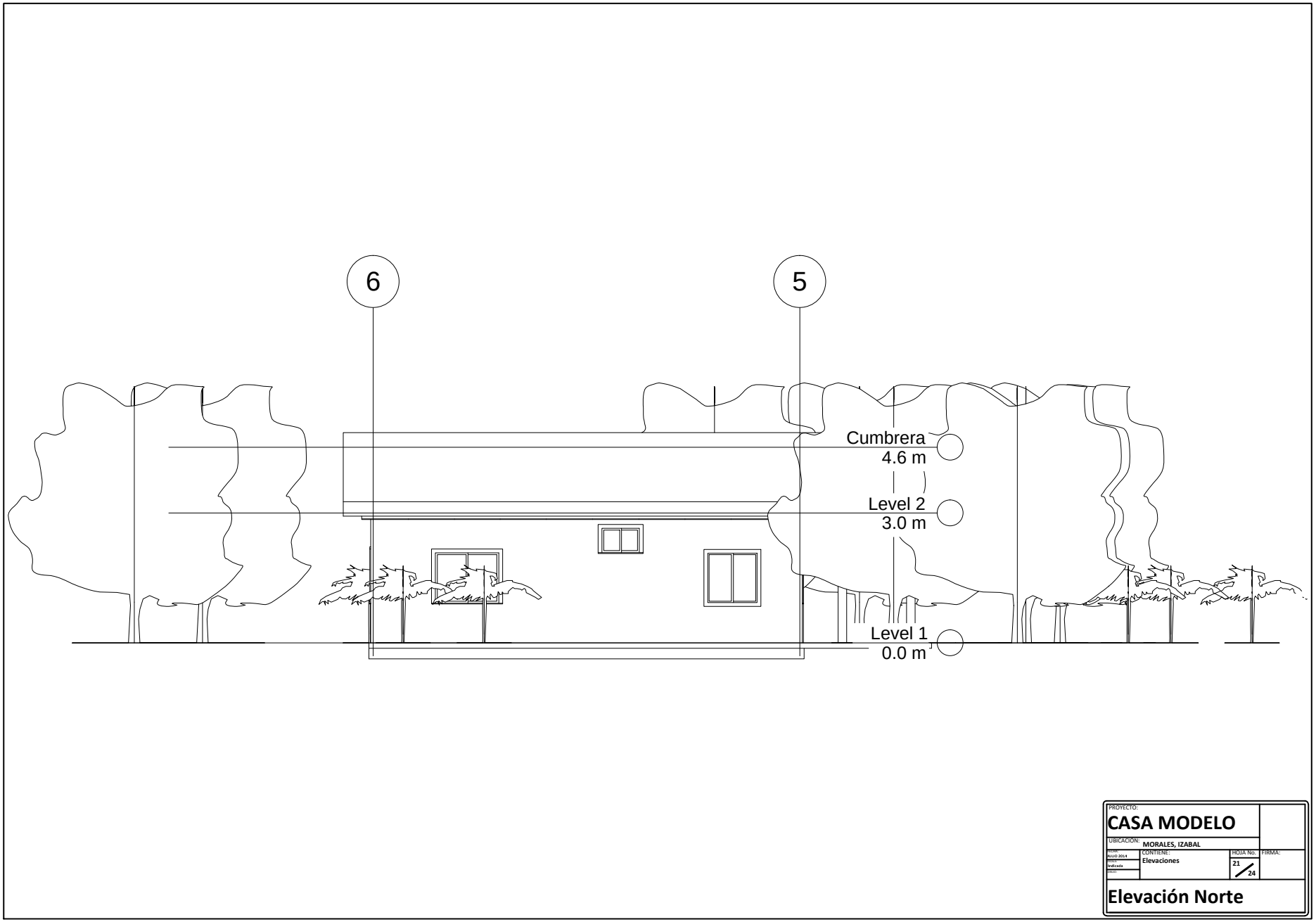
CONTIENE: **Elevaciones**

HOJA No.: 20 / 24

FIRMA:

Elevación Este

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**

FECHA: AGOSTO 2014
ESCALA: Indicada

CONTIENE: **Elevaciones**

HOJA No. 21/24

FIRMA:

Elevación Norte

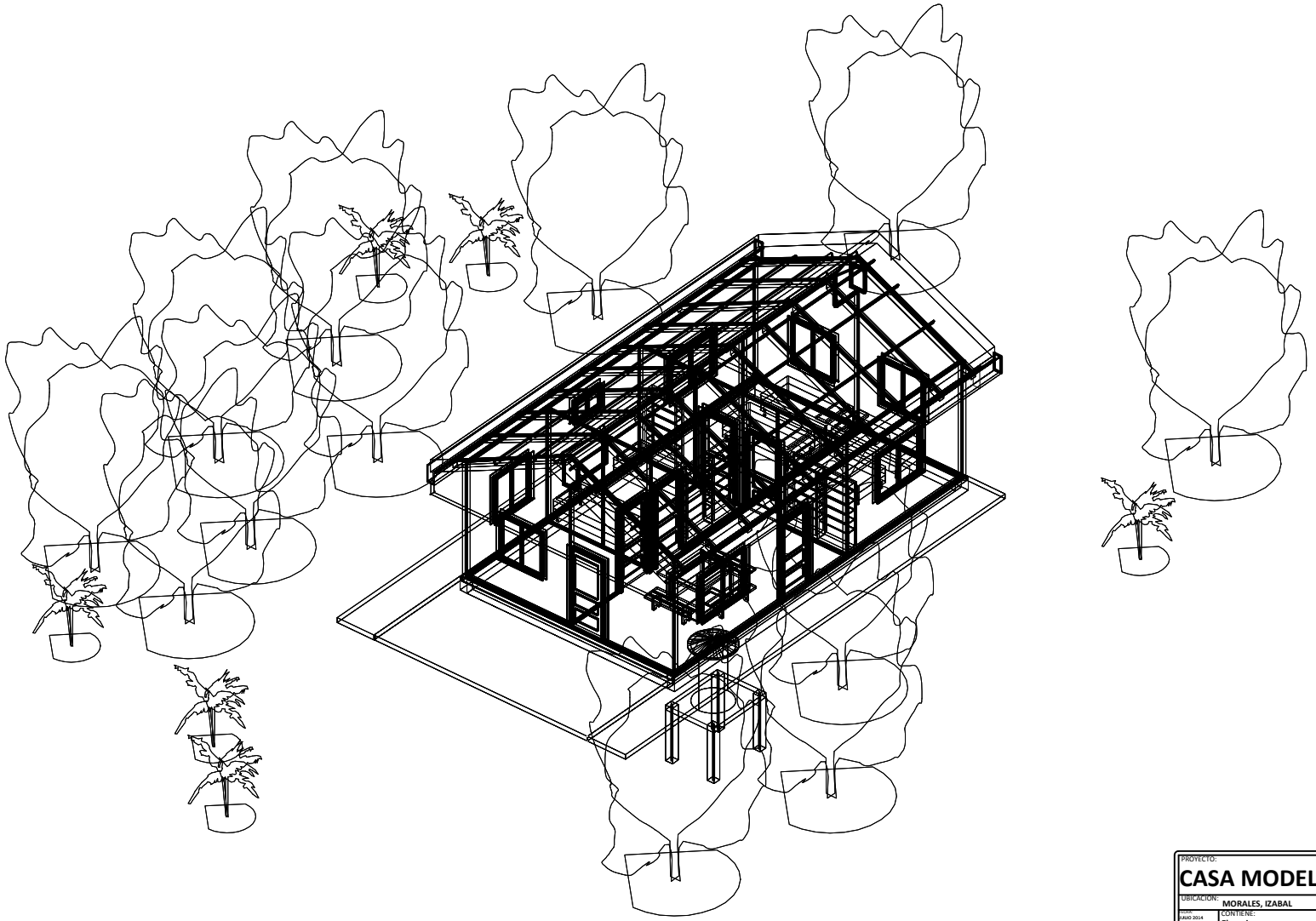
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PROYECTO: **CASA MODELO**			
UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**			
FECHA: JULIO 2014	CONTIENE: **Elevaciones**	HOJA No.: 22 / 24	FIRMA:
ESCALA: Indicada			

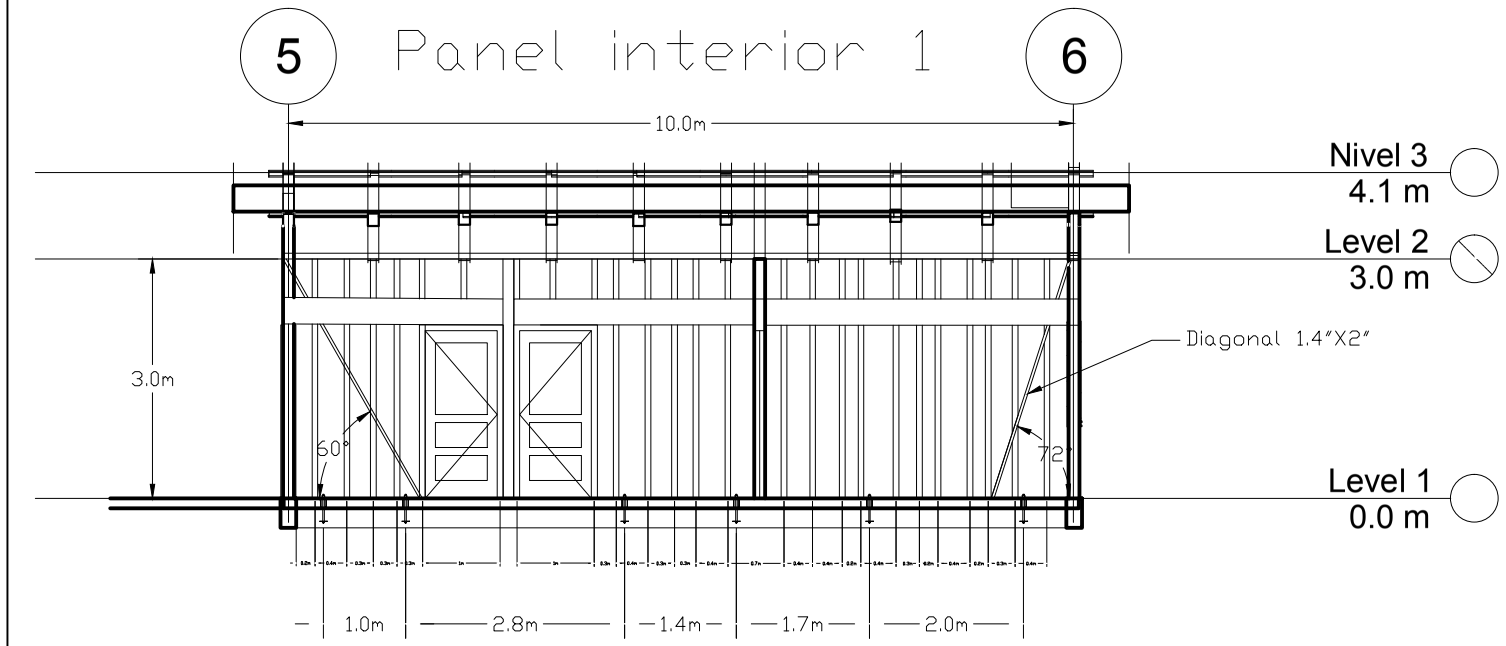
Vista 3D Conceptual

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



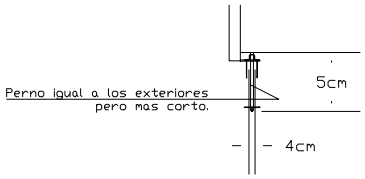
NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A 106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

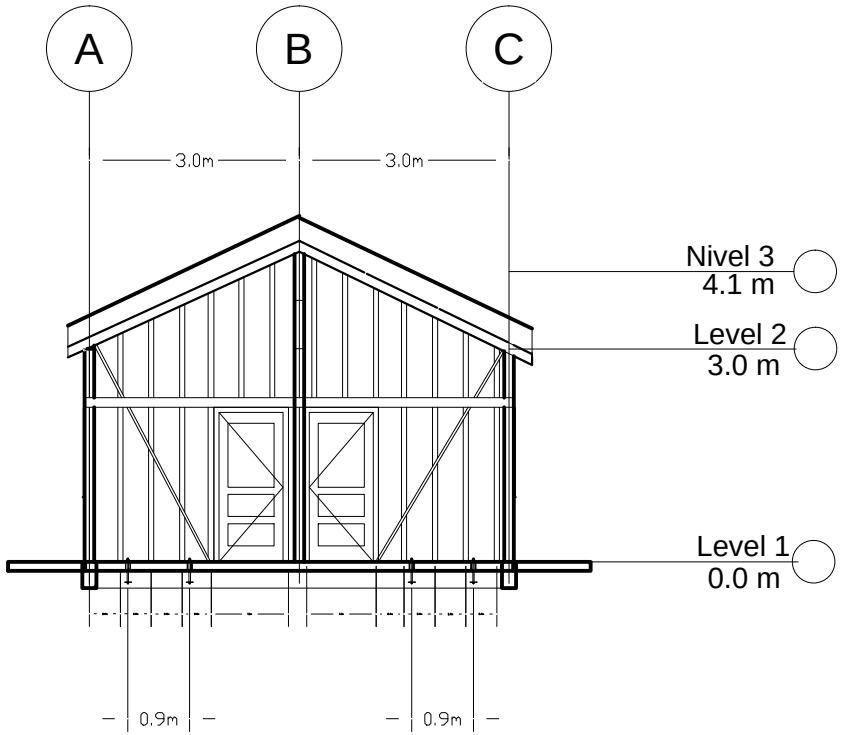


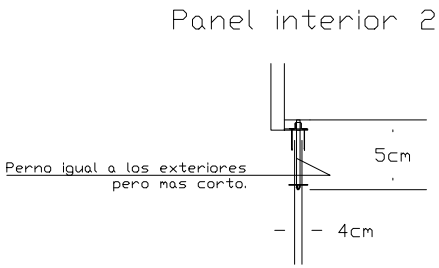
Panel interior 1

PROYECTO:
CASA MODELO
UBICACION: **MORALES, IZABAL**
FECHA: MAYO 2014
CONTIENE: **Elevaciones**
HOJA No.: 23/24
FIRMA:
AUTOR: Luis Augusto Rivera Hurtado
Elevación interior 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





NOTAS:
CODIGOS DE DISEÑO
1. ELEMENTOS DE ACERO
1.1. AISC DESIGN GUIDE 2001
2. ELEMENTOS DE CONCRETO
2.1. ACI 318-11
3 CARGAS
3.1. ASCE 7-10
3.2. AGIES 2010
4 DEFLEXIONES:
4.1 IBC 09

MATERIALES:
1. ACERO:
1.1 PERNOS DE ANCLAJE ASTM A106

2. CONCRETO:
2.1 LOSA: 3000 psi
2.2. ACERO DE REFUERZO: Fy=60 KSI

CARGAS APLICADAS
1. SOBRECARGA MUERTA.
1.1. TECHO: 20 Kg/m2
2. CARGA VIVA
2.1. TECHO: 78 kg/m2
3. VIENTO:
3.1. VEL DISEÑO: 68 mph
3.2. EXPOSICIÓN: B
4. SISMO
4.1. PARAMETROS DE ACELERACION:
Ss=1.30
S1=0.50
4.2. SUELO TIPO D
4.1. CATEGORIA DE DISEÑO SISMICO: D
4.4. SISTEMA ESTRUCTURAL:
4.4.1 EJES LETRA: Paneles de madera con recubrimiento de madera como muros de corte.
4.4.2. EJES NÚMERO: Paneles de adera con recubrimiento de madera como muros e corte.

PROPORCIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO:
1. CEMENTO 1
2. AGUA 7/9
3. PIEDRIN 2 1/2
4. ARENA 2 5/9

PROYECTO:
CASA MODELO

UBICACIÓN: **MORALES, IZABAL**

FECHA: AGO 2014
DISEÑO: Andrade
DIBUJO:

CONTIENE: **Elevaciones**

HOJA No.: 24/24

FIRMA:

Panel interior 2

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

D. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAJE DE AGUA PLUVIAL POR MEDIO DE UNA NUEVA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL TECHO DE LAS VIVIENDAS

1. Cálculos de muestra

a) Cálculo promedio de mm de agua por mes. Los datos proporcionados por el INSIVUMEH son los mm de agua precipitada por día durante el 2011 a 2014 (junio), para facilitar los cálculos se hace una sumatoria por mes durante el periodo mencionado.

Por ejemplo se tiene la sumatoria del año 2011 de los meses de enero a diciembre;

Cuadro 221: Datos de ejemplo de cálculo promedio de mm de agua por mes

Año 2011	mm de Agua
Enero	96.3
Febrero	60.3
Marzo	107.7
Abril	8.3
Mayo	100
Junio	214.9
Julio	193.5
Agosto	223.5
Septiembre	311.5
Octubre	231.6
Noviembre	113.9
Diciembre	122.7
Total	1784.2

Fuente: INSIVUMEH

Esto se realiza para los demás años, luego se realiza un promedio;

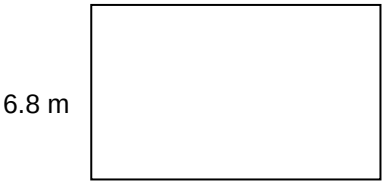
Cuadro 222: Datos de ejemplo de cálculo promedio de mm de agua por año

Año	Enero
2011	96.3
2012	197.5
2013	106.3
2014	127
Promedio (mm de agua)	131.8
±	39.5

Fuente: INSIVUMEH

Se realiza para los demás meses. Los resultados se observan en el cuadro 122 “Datos de lluvia INSIVUMEH”

b) Cálculo del área de captación. Las dimensiones del área de captación el resultado de la sombra que se genera con el sol a medio día. Se toma las dimensiones de la casa generadas en el módulo “Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia”,



Se obtiene el área de este rectángulo;

$$\text{área} = \text{alto (m)} * \text{ancho (m)} \qquad \text{Ecuación No. 58}$$

$$(6.8\ \text{m})*(11.4\ \text{m}) = 77.52\ \text{m}^2$$

c) Cálculo de acumulación de agua por mes en base al área en litros. En base al área de captación, los datos estadísticos de metros de agua precipitados al mes y un coeficiente de escorrentía de lámina de 0.90 se obtiene la cantidad de agua en litros que se puede captar.

(Coe. de escorrentía)*(m de agua precipitados)*(área de captación m^2) = (agua captada m^3)

Ecuación No. 59

Ejemplo:

Coe. de escorrentía = 0.90

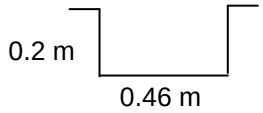
Área de captación = 77.52 m^2

m de agua precipitados = 0.13178 m para el mes de enero.

(0.90) * (77.52 m^2) * (0.13178 m de agua) = 9.19367 m^3

Este cálculo se realiza de enero a diciembre.

d) Cálculo de dimensión de tanque interceptor. En base a literatura (UNATSABAR 2001) y (Tejeiro 2002) se sabe que se necesita 1 L de agua de lluvia para limpiar 1 m^2 de área de captación; se debe de limpiar tanto el área de captación y las 2 canales por lo que se dimensiona el tanque de primeras aguas en base a la suma de estas dos áreas. Se decidió utilizar canaletas prefabricadas por facilidad y precio; estas tienen una medida de 0.2 x 0.46 m.



(largo de canaleta de 6.8 m)

Se obtiene el área de las dos canaletas;

(0.46 m) * (7.2 m) * 2 (canaletas) = 10.49 m^2

Sumando las dos áreas,

77.52 m^2 + 10.49 m^2 = 88.01 m^2

La relación para limpieza es de 1 L para 1 m^2,

$$88.01 \mathrm{m}^2 * \frac{1 \text{ litro}}{1 \mathrm{m}^2} = 88.01 \text{ L}$$

e) Cálculo de caudal en canaletas. Como base de diseño se toma 1 m/s y se debe obtener el diámetro equivalente ya que no se cuenta con una tubería circular.

$$\mathrm{D\ eq.} = 4 * \mathrm{rH} \quad \text{Ecuación No. 60}$$

$$\mathrm{rH} = \frac{\text{área}}{\text{perímetro mojado}} \quad \text{Ecuación No. 61}$$

Se contiempla la altura teniendo un 65 % de llenado de la canaleta,

$$\mathrm{h} = 0.2 \text{ m} * 0.65 = 0.13 \text{ m}$$

Se obtiene el área y perímetro mojado,

$$\text{área} = \text{alto (m)} * \text{ancho (m)} \quad \text{Ecuación No. 62}$$

$$= (0.13 \text{ m}) * (0.2 \text{ m}) = 0.0598 \text{ m}^2$$

$$\text{perimetro mojado} = 2 * \text{alto (m)} + \text{ancho (m)} \quad \text{Ecuación No. 63}$$
$$= (2) * (0.13\text{m}) + (0.46\text{m}) = 0.72\ \text{m}$$

$$\text{rH} = \frac{0.0598\ \text{m}^2}{0.72\ \text{m}} = 0.08305\ \text{m}$$

$$\text{D eq.} = 4 * 0.08305\ \text{m} = 0.3322\ \text{m}$$

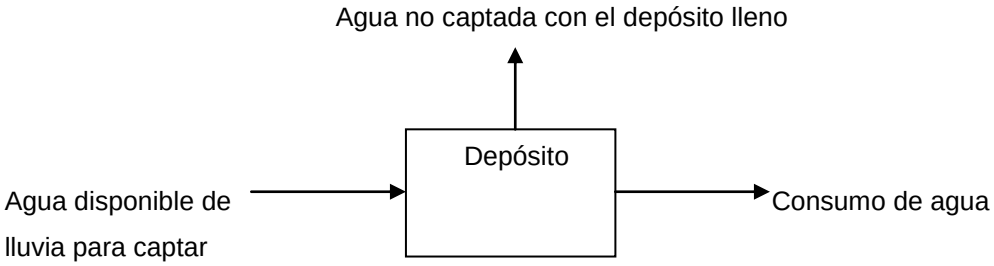
Se obtiene el caudal,

$$\text{caudal} = \frac{\pi}{4}\text{d}^2 * \text{v} \quad \text{Ecuación No. 64}$$
$$= \frac{\pi}{4}(0.3322\text{m})^2 * 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$= 0.08668\frac{\text{m}^s}{\text{s}} * \frac{1000\ \text{l}}{1\text{m}^3} = 86.686\frac{\text{l}}{\text{s}}$$

El resumen de estos resultados se encuentra en la tabla no. 230.

f) Cálculo de dimensionamiento de tanque principal

Se realiza un balance de masa:



$$\text{Agua disponible mensual} = \text{consumo de agua mensual} + \text{agua no captada con el depósito lleno}$$

Ecuación No. 65

En base al balance, por medio de la encuesta realizada a los pobladores del lugar se definió la demanda de litros diarios de agua por persona, además se tiene fija el área de captación obtenida en el cálculo no. 230 que es de 82.08 m^2 y se va cambiando la cantidad de personas que habitarán la vivienda. Por cuestiones de cálculo se fijan 10 personas.

Se obtiene la demanda diaria,

$$\text{demanda diaria} = (\#\ \text{de personas}) * (\text{consumo diario en litros}) \quad \text{Ecuación No. 66}$$
$$\text{demanda diaria} = 9\ \text{personas} * 25\frac{\text{L}}{\text{día}} = 225\frac{\text{L}}{\text{día}}$$

Para facilitar los cálculos se asumió que todos los meses son de 30 días; se obtiene la cantidad de agua en litros necesarios para suplir el consumo mensual.

$$\text{consumo mensual} = \text{demanda diaria en} \frac{\text{L}}{\text{día}} * 30 \text{ días} \quad \text{Ecuación No. 67}$$

$$225 \frac{\text{L}}{\text{días}} * 30 \text{ días} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{L}} = 7.500 \text{ m}^3$$

Para observar si en todos los meses se logra la captación completa para suplir la demanda mensual se realiza el siguiente calculo,

$$\text{Agua disponible mensual} - \text{consumo de agua mensual} = \text{agua no captada con depósito lleno}$$

Ecuación No. 68

Cuadro 223: Cálculo de agua disponible para cubrir demanda

Mes	Cantidad de agua necesaria (L/día)	Agua de lluvia disponible (m^3)			Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)			Agua sobrante (m^3)
Enero	225	9.193	±	2.833	6.750	±	37.5	2.444
Febrero	225	8.244	±	3.979	6.750	±	37.5	1.495
Marzo	225	5.518	±	1.756	6.750	±	37.5	**-1.231**
Abril	225	2.450	±	2.235	6.750	±	37.5	**-4.299**
Mayo	225	11.138	±	2.797	6.750	±	37.5	4.388
Junio	225	29.030	±	26.079	6.750	±	37.5	22.280
Julio	225	36.828	±	33.359	6.750	±	37.5	30.078
Agosto	225	34.367	±	30.740	6.750	±	37.5	27.618
Septiembre	225	28.125	±	15.372	6.750	±	37.5	21.376
Octubre	225	16.625	±	3.238	6.750	±	37.5	9.876
Noviembre	225	9.186	±	1.883	6.750	±	37.5	2.436
Diciembre	225	10.753	±	5.824	6.750	±	37.5	4.004

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en los meses de marzo y abril la cantidad de lluvia disponible no suple la demanda, por lo que hay que sobre dimensionar para captar lo suficiente en los demás meses. Para saber el porcentaje de sobre dimensionamiento se realiza el siguiente cálculo,

$$\%\text{ de sobre dimensionamiento} = \frac{\frac{\sum \text{meses negativos}}{12 \text{ meses}}}{\text{demanda mensual en m}^3} * 100 \quad \text{Ecuación No. 69}$$

$$\%\text{ de sobre dimensionamiento} = \frac{\frac{5.531 \text{ m}^3}{12 \text{ meses}}}{6.750 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}} * 100 = 6.828\%$$

Obteniendo la nueva demanda mensual,

$$\text{nueva demanda} = \text{consumo mensual} + (\text{consumo mensual} * \% \text{ de sobre dimensionamiento})$$

Ecuación No. 70

$$6.750\,\frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \left(6.750\,\frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0.06828\right) = 7.211\,\frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Este cálculo se realizo de 4 a 9 habitantes en la vivienda.

g) Cálculo de costos de depósitos. En el Cuadro 231 “Precios de depósitos” se observan los depósitos disponibles y sus precios; se realiza un arreglo para suplir el dimensionamiento del tanque principal y se obtiene la siguiente tabla.

Cuadro 224: Costo de sistema de depósitos

Personas	Volumen total (m^3)	Volumen de depósitos (m^3)	Especificaciones de tanques	Costo total
4	3.0458	3.000	1 depósito (3000 L)	Q 2,895.95
5	3.8563	3.600	2 depósitos (1100 L y 2500 L)	Q 3,430.00
6	4.6708	4.100	2 depósitos (3000L y 1100L)	Q 4,045.95
7	5.4833	5.500	2 depósitos (2500L y 3000L)	Q 5,175.95
8	6.3359	6.450	2 depósitos (3000L)	Q 5,791.90
9	7.2109	7.500	3 depósitos (2500L)	Q 6,840.00

*1 m^3 es equivalente a 1000L

Fuente: Elaboración propia

h) Cálculo de tubería y accesorios. En base a las dimensiones de la casa obtenidas por el modulo “Diseño de una nueva tipología estructural para una casa en madera para gente de escasos recursos enfocada en la captación de agua de lluvia” se dimensiona con el programa AutoCad (2011); ver Figura No.4

En base a las dimensiones obtenidas se realiza el costo el sistema de tuberías y primeras aguas. Ver Cuadro 126 “Costo detallado del sistema de primeras aguas y tuberías”

Se propone una bomba manual de polipropileno para disponer del agua del depósito principal.

Figura 196: Bomba manual para extraer agua de depósito principal

Fuente: UNATSABAR

Se utilizó el modelo propuesto por UNATSABAR, el cual cuenta con los siguientes materiales:

- Bote plástico de pintura
- Tubería de 1”
- Tubería de 1/2”
- Tubería de 2”
- 1 codo de 90° de 1”
- Reducción de 2” a 1”
- Reducción de 1” a 1/2"
- Adaptador macho de 1”
- Adaptador hembra de 1”
- Adaptador macho de 1/2”
- Adaptador hembra de 1/2”
- 2 coplas de 2”
- 2 coplas de 1”
- Válvula de bola de 1/2”
- Suela de zapatos de 1”x1”
- Malla metálica de 1 cm
- Pelota de ping pong
- Pelota de hule
- T de 1”
- Pegamento pvc

Cuadro 225: Elaboración de sistema de desvío de primeras aguas en tamaño laboratorio

Paso 1	Comentario
	Se realizan dos agujeros en cada lado del bote plástico con un barreno con medida más pequeña de media pulgada. Con una lima se gasta hasta llegar a un agujero de una pulgada y de media pulgada. Se debe de tratar la manera de ir probando la Adaptador macho con forme se vaya expandiendo el orificio para asegurar de que entre lo más apretado posible. Se realiza el mismo procedimiento para la tapadera con la medida de media pulgada
Paso 2	
	Se corta la suela de zapato para formar un empaque y colocarlo por el lado de adentro del bote, se enrosca la adaptador macho por afuera, se coloca el empaque y se aprieta con el adaptador hembra por dentro. Este procedimiento se realiza para los tres agujeros. Opcional: se le coloca silicón alrededor de las adaptadores por la parte de adentro.
Paso 3	
	Se debe seleccionar una pelota que quepa dentro del tramo de tubería expandida, pero no debe de pasar por la contracción de tubería. En este caso se utilizó una pelota de ping pong que cabe perfectamente en el tubo de 2 in pero no pasa por el tubo de 1 in.
Paso 4	
	Se coloca una malla en la parte inferior de la reducción para asegurar que la pelota no tape y evite que pase el agua.

Continuación cuadro 225: Elaboración del sistema de desvío de primeras aguas, tamaño laboratorio

Paso 5	
	El sistema se une con el siguiente orden; la expansión de 2 pulgadas a 1 pulgada con la malla, la copla, el tramo de tubo de 2 pulgadas, la copla y la segunda expansión. Para el sistema que va unido a la tapadera se realiza el siguiente procedimiento sólo que con arreglo de tuberías de menor diámetro.
Paso 6	
	Del lado izquierdo se agrega la válvula de media pulgada y del lado derecho un tramo pequeño para unir el macho con un codo de 90°, el sistema explicado anteriormente, T de una pulgada, tubería extra y la tapadera. Todas las uniones se pegan con pegamento para PVC y la tapadera con poxypol.

Continuación cuadro 225: Elaboración del sistema de desvío de primeras aguas, tamaño laboratorio

Paso 7	
	En la rosca de la tapa se agrega un tramo de tubería que llegue más arriba de donde se coloca el desvió, así como se muestra en la imagen.
Funcionamiento del sistema	
	Sistema de primeras aguas funcionando. Los costos se encuentran resumidos en la tabla No. 28 “Materiales para prueba a nivel laboratorio del sistema de desvío de primeras aguas”

Fuente: Elaboración propia

2. Análisis de error

a) Incertidumbre en suma y resta

$$s = \sqrt{s_a^2 + s_b^2}$$ Ecuación No. 71

Ejemplo de suma de área de captación más área de canaletas para obtener área total para cálculo de contenedor de primeras aguas:

$$s = \sqrt{4.917_a^2 + 0.74} = \pm 4.97\ m^2$$

b) Incertidumbre en multiplicación y división

$$s = c\sqrt{\frac{s_a^2}{a} + \frac{s_b^2}{b}}$$ Ecuación No. 72

Ejemplo de multiplicación para calcular el área de captación

$$s = 77.52\sqrt{\frac{0.34_a^2}{6.8} + \frac{0.57_b^2}{11.4}} = \pm 5.48 m^2$$

c) Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{media})}{n}}$$ Ecuación No. 73

Ejemplo de desviación del promedio de los datos para el mes de enero del año 2011 al 2014 se utilizó la función “DESVEST” el cual devuelve la desviación estándar de los datos seleccionados.

Cuadro 226: Cálculo ejemplo de desviación promedio

Año	Enero
2011	96,3
2012	197,5
2013	106,3
2014	127
Promedio (mm de agua)	131,8
±	39,5

Fuente: Elaboración propia

3. Datos calculados

Cuadro 227: Datos de la estructura de la vivienda

Parámetros			Dimensión	
Coe. De escorrentía	0.9			
Frente	6.8	±	0.34	M
Largo	11.4	±	0.57	M
Área de captación	77.52	±	5.4814	m^2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 228: Cálculo de capacidad de captación en base al área de captación

mes	m de agua precipitada	Abastecimiento mensual en m^3	Abastecimiento mensual en L		
Enero	0.13178	9.1936782	9193.6782	±	2833.4
Febrero	0.11818	8.2448334	8244.8334	±	3979.6
Marzo(1)	0.07910	5.5186488	5518.6488	±	1756.4
Abril(1)	0.03513	2.450601	2450.601	±	2235.9
Mayo	0.15965	11.1384612	11138.4612	±	2797.1
Junio(2)	0.41610	29.0304648	29030.4648	±	26079.3
Julio(2)	0.52787	36.8282016	36828.2016	±	33359.5
Agosto(2)	0.49260	34.3677168	34367.7168	±	30740.7
Septiembre(2)	0.40313	28.1258064	28125.8064	±	15372.4
Octubre	0.23830	16.6257144	16625.7144	±	3238.3
Noviembre	0.13167	9.18612	9186.12	±	1883.4
Diciembre	0.15413	10.7535744	10753.5744	±	5824.6

(1) Meses con menos precipitaciones

(2) Meses con más precipitaciones

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 229: Encuesta de demanda de agua diaria por personas

Casa	Cantidad de litros diarios de agua por persona
1	18.8
2	20.0
3	23.4
4	20.1
5	25.8
6	22.2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 230: Cálculo de dimensionamiento de tanque de primeras aguas

Parámetros				Dimensional
Frente	6.8	±	0.34	m
Largo	11.4	±	0.57	m
Área de captación	77.52	±	5.481	m^2
Área de canaletas	10.49	±	0.74	m^2
Área total	88.01	±	5.53	m^2
Dimensión de tanque interceptor	88.01	±	5.53	L

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 231: Precio y especificaciones de depósitos

Marca	Capacidad en L	Precio	Diamétro en m	Altura en m
Rotoplast	450	Q 675.00	0.85	0.99
Rotoplast	750	Q 925.00	1.10	1.02
Rotoplast	1100	Q 1,150.00	1.10	1.40
Rotoplast	2500	Q 2,280.00	1.55	1.60
Talishte	3000	Q 2,895.95	1.55	1.70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 232: Cálculo de tanque principal con área fija, 4 personas y 25 l/día

Sistema principal			
Cantidad de personas	4		
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25	±	1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-1		
Agua faltante distribuida en 12 meses	0.04578		
% de sobre dimensionamiento	0.01526		
Volumen del sistema (m^3)	3.0458	±	0.0744

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 233: Cálculo de sistema principal para 4 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)	Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)	Sobre dimensionamiento (m^3)	Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	100	9.194 ± 2.83	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	6.194	0
Feb	100	8.245 ± 3.98	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	5.245	0
Mar	100	5.519 ± 1.76	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	2.519	0
Abr	100	2.451 ± 2.24	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	-0.549	-0.549
May	100	11.138 ± 2.80	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	8.138	0
Jun	100	29.030 ± 26.08	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	26.030	0
Jul	100	36.828 ± 33.36	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	33.828	0
Ago	100	34.368 ± 30.74	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	31.368	0
Sep	100	28.126 ± 15.37	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	25.126	0
Oct	100	16.626 ± 3.24	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	13.626	0
Nov	100	9.186 ± 1.88	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	6.186	0
Dic	100	10.754 ± 5.82	3.00 ± 0.038	3.0458 ± 0.07	7.754	0
Suma				36.5494	165.464	-0.549

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 234: Cálculo de tanque principal con área fija, 5 personas y 25 l/día

Sistema principal	
Cantidad de personas	5
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25 ± 1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-1
Agua faltante distribuida en 12 meses	0,108283
% de sobre dimensionamiento	0,028876
Volumen del sistema (m^3)	3,8583 ± 0.0739

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 235: Cálculo de sistema principal para 5 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)	Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)	Sobre dimensionamiento (m^3)	Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	125	9.194 ± 2.83	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	5.444	0
Feb	125	8.245 ± 3.98	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	4.495	0
Mar	125	5.519 ± 1.76	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	1.769	0
Abr	125	2.451 ± 2.24	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	-1.299	-1.299
May	125	11.138 ± 2.80	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	7.388	0
Jun	125	29.030 ± 26.08	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	25.280	0
Jul	125	36.828 ± 33.36	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	33.078	0
Ago	125	34.368 ± 30.74	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	30.618	0
Sep	125	28.126 ± 15.37	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	24.376	0
Oct	125	16.626 ± 3.24	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	12.876	0
Nov	125	9.186 ± 1.88	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	5.436	0
Dic	125	10.754 ± 5.82	3.75 ± 0.038	3.8583 ± 0.07	7.004	0
Suma				46.2994	156.464	-1.299

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 236: Cálculo de tanque principal con área fija, 6 personas y 25 l/día

Sistema principal		
Cantidad de personas	6	
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25	± 1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-2	
Agua faltante distribuida en 12 meses	0.170783	
% de sobre dimensionamiento	0.037952	
Volumen del sistema (m^3)	4.6708	± 0.0735

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 237: Cálculo de sistema principal para 6 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)	Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)	Sobre dimensionamiento (m^3)	Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	150	9.194 ± 2.83	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	4.694	0
Feb	150	8.245 ± 3.98	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	3.745	0
Mar	150	5.519 ± 1.76	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	1.019	0
Abr	150	2.451 ± 2.24	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	-2.049	-2.049
May	150	11.138 ± 2.80	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	6.638	0
Jun	150	29.030 ± 26.08	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	24.530	0
Jul	150	36.828 ± 33.36	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	32.328	0
Ago	150	34.368 ± 30.74	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	29.868	0
Sep	150	28.126 ± 15.37	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	23.626	0
Oct	150	16.626 ± 3.24	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	12.126	0
Nov	150	9.186 ± 1.88	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	4.686	0
Dic	150	10.754 ± 5.82	4.50 ± 0.038	4.6708 ± 0.07	6.254	0
Suma				56.0494	147.464	-2.049

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 238: Cálculo de tanque principal con área fija, 7 personas y 25 l/día

Sistema principal	
Cantidad de personas	7
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25 ± 1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-3
Agua faltante distribuida en 12 meses	0.233283
% de sobre dimensionamiento	0.044435
Volumen del sistema (m^3)	5.4833 ± 0.0733

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 239: Cálculo de sistema principal para 7 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)	Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)	Sobre dimensionamiento (m^3)	Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	175	9.194 ± 2.83	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	3.944	0
Feb	175	8.245 ± 3.98	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	2.995	0
Mar	175	5.519 ± 1.76	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	0.269	0
Abr	175	2.451 ± 2.24	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	-2.799	-2.799
May	175	11.138 ± 2.80	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	5.888	0
Jun	175	29.030 ± 26.08	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	23.780	0
Jul	175	36.828 ± 33.36	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	31.578	0
Ago	175	34.368 ± 30.74	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	29.118	0
Sep	175	28.126 ± 15.37	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	22.876	0
Oct	175	16.626 ± 3.24	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	11.376	0
Nov	175	9.186 ± 1.88	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	3.936	0
Dic	175	10.754 ± 5.82	5.25 ± 0.038	5.4833 ± 0.07	5.504	0
Suma				65.7994	138.464	-2.799

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 240: Cálculo de tanque principal con área fija, 8 personas y 25 l/día

Sistema principal		
Cantidad de personas	8	
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25	± 1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-4	
Agua faltante distribuida en 12 meses	0.335896	
% de sobre dimensionamiento	0.055983	
Volumen del sistema (m^3)	6.3359	± 0.0729

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 241: Cálculo de sistema principal para 8 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)	Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)	Sobre dimensionamiento (m^3)	Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	200	9.194 ± 2.83	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	3.194	0
Feb	200	8.245 ± 3.98	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	2.245	0
Mar	200	5.519 ± 1.76	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	-0.481	0
Abr	200	2.451 ± 2.24	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	-3.549	-3.549
May	200	11.138 ± 2.80	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	5.138	0
Jun	200	29.030 ± 26.08	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	23.030	0
Jul	200	36.828 ± 33.36	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	30.828	0
Ago	200	34.368 ± 30.74	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	28.368	0
Sep	200	28.126 ± 15.37	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	22.126	0
Oct	200	16.626 ± 3.24	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	10.626	0
Nov	200	9.186 ± 1.88	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	3.186	0
Dic	200	10.754 ± 5.82	6.00 ± 0.038	6.3359 ± 0.07	4.754	0
Suma				76.0308	129.464	-4.031

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 242: Cálculo de tanque principal con área fija, 9 personas y 25 l/día

Sistema principal		
Cantidad de personas	9	
Cantidad de agua por persona al día promedio (m^3)	25	± 1.25
Cantidad de agua faltante (m^3)	-6	
Agua faltante distribuida en 12 meses	0.460896	
% de sobre dimensionamiento	0.068281	
Volumen del sistema (m^3)	7.2109	± 0.0724

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 243: Cálculo de sistema principal para 9 personas y 25 l/día

Mes	Cantidad de agua necesaria (litros)	Agua de lluvia disponible (m^3)			Cantidad de agua para cubrir demanda (m^3)			Sobre dimensionamiento (m^3)			Agua sobrante (m^3)	suma
Ene	225	9.194	±	2.83	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	2.444	0
Feb	225	8.245	±	3.98	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	1.495	0
Mar	225	5.519	±	1.76	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	-1.231	-1
Abr	225	2.451	±	2.24	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	-4.299	-4.299
May	225	11.138	±	2.80	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	4.388	0
Jun	225	29.030	±	26.08	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	22.280	0
Jul	225	36.828	±	33.36	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	30.078	0
Ago	225	34.368	±	30.74	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	27.618	0
Sep	225	28.126	±	15.37	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	21.376	0
Oct	225	16.626	±	3.24	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	9.876	0
Nov	225	9.186	±	1.88	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	2.436	0
Dic	225	10.754	±	5.82	6.75	±	0.038	7.2109	±	0.07	4.004	0
Suma								86.5308			120.464	-5.531

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 244: Proyección con datos reales del 2011

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	Volumen proyectado de agua de depósito 5500
21/03/2011	16.9	77.52	0.9	1179.0792	-175	1004.0792	5500
22/03/2011	1.1	77.52	0.9	76.7448	-175	-98.2552	5401.7448
23/03/2011	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	5233.7216
24/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5058.7216
25/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4883.7216
26/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4708.7216
27/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4533.7216
28/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4358.7216
29/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4183.7216
30/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4008.7216
31/03/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3833.7216
01/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3658.7216
02/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3483.7216
03/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3308.7216
04/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3133.7216
05/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2958.7216
06/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2783.7216
07/04/2011	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	2615.6984
08/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2440.6984
09/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2265.6984
10/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2090.6984
11/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1915.6984
12/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1740.6984
13/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1565.6984
14/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1390.6984
15/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1215.6984
16/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1040.6984
17/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	865.6984
18/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	690.6984
19/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	515.6984
20/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	340.6984
21/04/2011	5.3	77.52	0.9	369.7704	-175	194.7704	535.4688
22/04/2011	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	388.376
23/04/2011	0.8	77.52	0.9	55.8144	-175	-119.1856	269.1904
24/04/2011	0.2	77.52	0.9	13.9536	-175	-161.0464	108.144
25/04/2011	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	0
26/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
27/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
28/04/2011	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	0
29/04/2011	1.3	77.52	0.9	90.6984	-175	-84.3016	0
30/04/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
01/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
02/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
03/05/2011	12	77.52	0.9	837.216	-175	662.216	662.216

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 244: Proyección con datos reales del 2011

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	Volumen proyectado de agua de depósito 5500
04/05/2011	30	77.52	0.9	2093.04	-175	1918.04	2580.256
05/05/2011	0.6	77.52	0.9	41.8608	-175	-133.1392	2447.1168
06/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2272.1168
07/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2097.1168
08/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1922.1168
09/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1747.1168
10/05/2011	19.6	77.52	0.9	1367.4528	-175	1192.4528	2939.5696
11/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2764.5696
12/05/2011	12.7	77.52	0.9	886.0536	-175	711.0536	3475.6232
13/05/2011	0.2	77.52	0.9	13.9536	-175	-161.0464	3314.5768
14/05/2011	21.4	77.52	0.9	1493.0352	-175	1318.0352	4632.612
15/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4457.612
16/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4282.612
17/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4107.612
18/05/2011	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	3953.5424
19/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3778.5424
20/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3603.5424
21/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3428.5424
22/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3253.5424
23/05/2011	0.2	77.52	0.9	13.9536	-175	-161.0464	3092.496
24/05/2011	1.4	77.52	0.9	97.6752	-175	-77.3248	3015.1712
25/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2840.1712
26/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2665.1712
27/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2490.1712
28/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2315.1712
29/05/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2140.1712
30/05/2011	1.2	77.52	0.9	83.7216	-175	-91.2784	2048.8928
31/05/2011	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	1901.8
01/06/2011	6.2	77.52	0.9	432.5616	-175	257.5616	2159.3616
02/06/2011	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	2005.292
03/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1830.292
04/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1655.292
05/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1480.292
06/06/2011	0.7	77.52	0.9	48.8376	-175	-126.1624	1354.1296
07/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1179.1296
08/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1004.1296
09/06/2011	0	77.52	0.9	0	-175	-175	829.1296
10/06/2011	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	723.8976
11/06/2011	23.5	77.52	0.9	1639.548	-175	1464.548	2188.4456
12/06/2011	1.7	77.52	0.9	118.6056	-175	-56.3944	2132.0512
13/06/2011	55.1	77.52	0.9	3844.2168	-175	3669.2168	5500
14/06/2011	26.7	77.52	0.9	1862.8056	-175	1687.8056	5500

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 245: Proyección con datos reales del 2012

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
28/02/2012	3.7	77.52	0.9	258.1416	-175	83.1416	5500
29/02/2012	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	5331.9768
01/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5156.9768
02/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4981.9768
03/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4806.9768
04/03/2012	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	4701.7448
05/03/2012	0.9	77.52	0.9	62.7912	-175	-112.2088	4589.536
06/03/2012	0.7	77.52	0.9	48.8376	-175	-126.1624	4463.3736
07/03/2012	33.5	77.52	0.9	2337.228	-175	2162.228	5500
08/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
09/03/2012	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	5170.9304
10/03/2012	9.4	77.52	0.9	655.8192	-175	480.8192	5500
11/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
12/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
13/03/2012	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	5009.884
14/03/2012	7.9	77.52	0.9	551.1672	-175	376.1672	5386.0512
15/03/2012	1.8	77.52	0.9	125.5824	-175	-49.4176	5336.6336
16/03/2012	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	5168.6104
17/03/2012	1.6	77.52	0.9	111.6288	-175	-63.3712	5105.2392
18/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4930.2392
19/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4755.2392
20/03/2012	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	4601.1696
21/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4426.1696
22/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4251.1696
23/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4076.1696
24/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3901.1696
25/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3726.1696
26/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3551.1696
27/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3376.1696
28/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3201.1696
29/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3026.1696
30/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2851.1696
31/03/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2676.1696
01/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2501.1696
02/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2326.1696
03/04/2012	16.7	77.52	0.9	1165.1256	-175	990.1256	3316.2952
04/04/2012	3.4	77.52	0.9	237.2112	-175	62.2112	3378.5064
05/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3203.5064
06/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3028.5064
07/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2853.5064
08/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2678.5064
09/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2503.5064
10/04/2012	7.3	77.52	0.9	509.3064	-175	334.3064	2837.8128
11/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2662.8128

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 245: Proyección con datos reales del 2012

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
12/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2487.8128
13/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2312.8128
14/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2137.8128
15/04/2012	0.9	77.52	0.9	62.7912	-175	-112.2088	2025.604
16/04/2012	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	1857.5808
17/04/2012	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	1703.5112
18/04/2012	4.8	77.52	0.9	334.8864	-175	159.8864	1863.3976
19/04/2012	2.4	77.52	0.9	167.4432	-175	-7.5568	1855.8408
20/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1680.8408
21/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1505.8408
22/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1330.8408
23/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1155.8408
24/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	980.8408
25/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	805.8408
26/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	630.8408
27/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	455.8408
28/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	280.8408
29/04/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	105.8408
30/04/2012	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	0
01/05/2012	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	0
02/05/2012	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	0
03/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
04/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
05/05/2012	9.8	77.52	0.9	683.7264	-175	508.7264	508.7264
06/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	333.7264
07/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	158.7264
08/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
09/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
10/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
11/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
12/05/2012	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
13/05/2012	11.6	77.52	0.9	809.3088	-175	634.3088	634.3088
14/05/2012	3.4	77.52	0.9	237.2112	-175	62.2112	696.52
15/05/2012	19.7	77.52	0.9	1374.4296	-175	1199.4296	1895.9496
16/05/2012	18.2	77.52	0.9	1269.7776	-175	1094.7776	2990.7272
17/05/2012	27.4	77.52	0.9	1911.6432	-175	1736.6432	4727.3704
18/05/2012	11.1	77.52	0.9	774.4248	-175	599.4248	5326.7952
19/05/2012	21.9	77.52	0.9	1527.9192	-175	1352.9192	5500
20/05/2012	1.4	77.52	0.9	97.6752	-175	-77.3248	5422.6752
21/05/2012	13.8	77.52	0.9	962.7984	-175	787.7984	5500
22/05/2012	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	5394.768

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 246: Proyección con datos reales del 2013

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
17/02/2013	5.2	77.52	0.9	362.7936	-175	187.7936	5500
18/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
19/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
20/02/2013	0.3	77.52	0.9	20.9304	-175	-154.0696	4995.9304
21/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4820.9304
22/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4645.9304
23/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4470.9304
24/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4295.9304
25/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4120.9304
26/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3945.9304
27/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3770.9304
28/02/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3595.9304
01/03/2013	1.3	77.52	0.9	90.6984	-175	-84.3016	3511.6288
02/03/2013	2	77.52	0.9	139.536	-175	-35.464	3476.1648
03/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3301.1648
04/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3126.1648
05/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2951.1648
06/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2776.1648
07/03/2013	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	2608.1416
08/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2433.1416
09/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2258.1416
10/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2083.1416
11/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1908.1416
12/03/2013	0.2	77.52	0.9	13.9536	-175	-161.0464	1747.0952
13/03/2013	5.8	77.52	0.9	404.6544	-175	229.6544	1976.7496
14/03/2013	7.7	77.52	0.9	537.2136	-175	362.2136	2338.9632
15/03/2013	4.5	77.52	0.9	313.956	-175	138.956	2477.9192
16/03/2013	0.1	77.52	0.9	6.9768	-175	-168.0232	2309.896
17/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2134.896
18/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1959.896
19/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1784.896
20/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1609.896
21/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1434.896
22/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1259.896
23/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1084.896
24/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	909.896
25/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	734.896
26/03/2013	4.1	77.52	0.9	286.0488	-175	111.0488	845.9448
27/03/2013	4.3	77.52	0.9	300.0024	-175	125.0024	970.9472
28/03/2013	4.5	77.52	0.9	313.956	-175	138.956	1109.9032
29/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	934.9032
30/03/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	759.9032
31/03/2013	17.1	77.52	0.9	1193.0328	-175	1018.0328	1777.936
01/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1602.936

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 246: Proyección con datos reales del 2013

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
02/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1427.936
03/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1252.936
04/04/2013	2	77.52	0.9	139.536	-175	-35.464	1217.472
05/04/2013	1.3	77.52	0.9	90.6984	-175	-84.3016	1133.1704
06/04/2013	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	986.0776
07/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	811.0776
08/04/2013	0.8	77.52	0.9	55.8144	-175	-119.1856	691.892
09/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	516.892
10/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	341.892
11/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	166.892
12/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
13/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
14/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
15/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
16/04/2013	3.4	77.52	0.9	237.2112	-175	62.2112	62.2112
17/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
18/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
19/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
20/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
21/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
22/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
23/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
24/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
25/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
26/04/2013	1.3	77.52	0.9	90.6984	-175	-84.3016	0
27/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
28/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
29/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
30/04/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
01/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
02/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
03/05/2013	7.6	77.52	0.9	530.2368	-175	355.2368	355.2368
04/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	180.2368
05/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5.2368
06/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
07/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
08/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
09/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
10/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
11/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
12/05/2013	1.4	77.52	0.9	97.6752	-175	-77.3248	0
13/05/2013	2.8	77.52	0.9	195.3504	-175	20.3504	0
14/05/2013	0.8	77.52	0.9	55.8144	-175	-119.1856	0

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 246: Proyección con datos reales del 2013

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
15/05/2013	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	0
16/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
17/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
18/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
19/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
20/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
21/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
22/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
23/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
24/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	0
25/05/2013	0.4	77.52	0.9	27.9072	-175	-147.0928	0
26/05/2013	1.6	77.52	0.9	111.6288	-175	-63.3712	0
27/05/2013	42.5	77.52	0.9	2965.14	-175	2790.14	2790.14
28/05/2013	84	77.52	0.9	5860.512	-175	5685.512	5500
29/05/2013	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
30/05/2013	8	77.52	0.9	558.144	-175	383.144	5500
31/05/2013	8	77.52	0.9	558.144	-175	383.144	5500

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 247: Proyección con datos reales del 2014

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
18/02/2014	25	77.52	0.9	1744.2	-175	1569.2	5500
19/02/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	5359.884
20/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5184.884
21/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5009.884
22/02/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	4904.652
23/02/2014	2.5	77.52	0.9	174.42	-175	-0.58	4904.072
24/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4729.072
25/02/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	4623.84
26/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4448.84
27/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4273.84
28/02/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4098.84
01/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3923.84
02/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3748.84
03/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3573.84
04/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3398.84
05/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3223.84
06/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3048.84
07/03/2014	11.5	77.52	0.9	802.332	-175	627.332	3676.172
08/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3501.172
09/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3326.172
10/03/2014	4	77.52	0.9	279.072	-175	104.072	3430.244
11/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3255.244
12/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3080.244
13/03/2014	76.5	77.52	0.9	5337.252	-175	5162.252	5500
14/03/2014	4.5	77.52	0.9	313.956	-175	138.956	5500
15/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
16/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
17/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4975
18/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4800
19/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4625
20/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4450
21/03/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	4309.884
22/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4134.884
23/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3959.884
24/03/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	3819.768
25/03/2014	1.5	77.52	0.9	104.652	-175	-70.348	3749.42
26/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3574.42
27/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3399.42
28/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3224.42
29/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3049.42
30/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2874.42
31/03/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2699.42
01/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2524.42
02/04/2014	13.5	77.52	0.9	941.868	-175	766.868	3291.288

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 247: Proyección con datos reales del 2014

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
03/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3116.288
04/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2941.288
05/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2766.288
06/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2591.288
07/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2416.288
08/04/2014	4	77.52	0.9	279.072	-175	104.072	2520.36
09/04/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	2415.128
10/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2240.128
11/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2065.128
12/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1890.128
13/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1715.128
14/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1540.128
15/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1365.128
16/04/2014	1.5	77.52	0.9	104.652	-175	-70.348	1294.78
17/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	1119.78
18/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	944.78
19/04/2014	26	77.52	0.9	1813.968	-175	1638.968	2583.748
20/04/2014	10.5	77.52	0.9	732.564	-175	557.564	3141.312
21/04/2014	12	77.52	0.9	837.216	-175	662.216	3803.528
22/04/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	3698.296
23/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3523.296
24/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3348.296
25/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	3173.296
26/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2998.296
27/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2823.296
28/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2648.296
29/04/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	2473.296
30/04/2014	17.5	77.52	0.9	1220.94	-175	1045.94	3519.236
01/05/2014	21	77.52	0.9	1465.128	-175	1290.128	4809.364
02/05/2014	1.5	77.52	0.9	104.652	-175	-70.348	4739.016
03/05/2014	12	77.52	0.9	837.216	-175	662.216	5401.232
04/05/2014	20.5	77.52	0.9	1430.244	-175	1255.244	5500
05/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
06/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
07/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4975
08/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4800
09/05/2014	7	77.52	0.9	488.376	-175	313.376	5113.376
10/05/2014	28.5	77.52	0.9	1988.388	-175	1813.388	5500
11/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
12/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
13/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4975
14/05/2014	4.5	77.52	0.9	313.956	-175	138.956	5113.956
15/05/2014	3	77.52	0.9	209.304	-175	34.304	5148.26
16/05/2014	8	77.52	0.9	558.144	-175	383.144	5500

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 247: Proyección con datos reales del 2014

Fecha	Lluvia acumulada en mm	Sup. de captación en m^2	Coe. de esc.	Volumen captado en L	Consumo de agua (6 personas y 25 l/día)	Diferencia entre entrada y consumo	volumen proyectado de agua de depósito 5500
17/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
18/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5150
19/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4975
20/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4800
21/05/2014	2	77.52	0.9	139.536	-175	-35.464	4764.536
22/05/2014	36.5	77.52	0.9	2546.532	-175	2371.532	5500
23/05/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	5394.768
24/05/2014	1.5	77.52	0.9	104.652	-175	-70.348	5324.42
25/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5149.42
26/05/2014	9	77.52	0.9	627.912	-175	452.912	5500
27/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
28/05/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	5184.884
29/05/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5009.884
30/05/2014	26	77.52	0.9	1813.968	-175	1638.968	5500
31/05/2014	23	77.52	0.9	1604.664	-175	1429.664	5500
01/06/2014	32	77.52	0.9	2232.576	-175	2057.576	5500
02/06/2014	1.5	77.52	0.9	104.652	-175	-70.348	5429.652
03/06/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	5289.536
04/06/2014	29	77.52	0.9	2023.272	-175	1848.272	5500
05/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5325
06/06/2014	12	77.52	0.9	837.216	-175	662.216	5500
07/06/2014	1	77.52	0.9	69.768	-175	-105.232	5394.768
08/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5219.768
09/06/2014	2	77.52	0.9	139.536	-175	-35.464	5184.304
10/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	5009.304
11/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4834.304
12/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4659.304
13/06/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	4519.188
14/06/2014	7.5	77.52	0.9	523.26	-175	348.26	4867.448
15/06/2014	2	77.52	0.9	139.536	-175	-35.464	4831.984
16/06/2014	0.5	77.52	0.9	34.884	-175	-140.116	4691.868
17/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4516.868
18/06/2014	4	77.52	0.9	279.072	-175	104.072	4620.94
19/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4445.94
20/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4270.94
21/06/2014	14	77.52	0.9	976.752	-175	801.752	5072.692
22/06/2014	2.5	77.52	0.9	174.42	-175	-0.58	5072.112
23/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4897.112
24/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4722.112
25/06/2014	0	77.52	0.9	0	-175	-175	4547.112
					Suma total de días sin agua (2011-2014)		59

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 248:Materiales para prueba a nivel laboratorio de sistema desvío de primeras aguas

Accesorio (Material PVC)	Cantidad	Precio	Monto
Bote plástico de pintura		Donado	0
Tubería de 1”	1	Q 35.00	Q 35.00
Tubería de 1/2”		Donado	0
Tubería de 2”	1	Q 30.00	Q 30.00
codo de 90° de 1”	1	Q 6.90	Q 6.90
reducción de 2" a 1"	2	Q 11.30	Q 22.60
reducción de 1" a 1/2"	2	Q 3.90	Q 7.80
Adaptador macho de 1”	1	Q 5.30	Q 5.30
Adaptador hembra de 1”	1	Q 4.70	Q 4.70
Adaptador macho de 1/2”	1	Q 1.60	Q 1.60
Adaptador hembra de 1/2”	1	Q 2.60	Q 2.60
coplas de 2”	2	Q 8.90	Q 17.80
coplas de 1”	2	Q 3.80	Q 7.60
Válvula de bola de 1/2”	1	Q 5.60	Q 5.60
Suela de zapatos de 1”x1”	1	Donado	0
Malla metálica de 1 cm	1	Donado	0
Pelota de ping pong	1	Donado	0
Pelota de hule	1	Q 1.00	Q 1.00
T de 1”	1	Q 18.00	Q 18.00
Pegamento pvc	1	Q 35.25	Q 35.25
		Total	Q 201.75

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 249: Costo por persona de la inversión del sistema

Personas	Costo unitario	costo diario	costo mensual
4	1155.9075	3.1668	95.0060
5	1031.5360	2.8261	84.7837
6	962.2716	2.6363	79.0908
7	986.2328	2.7020	81.0602
8	939.9475	2.5751	77.2559
9	951.9644	2.6081	78.2436
	promedio	promedio	promedio
	1004.64	2.752	82.573
	± 80.86	± 0.221	± 6.646

Fuente: Elaboración propia

E. DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIARIO

Cuadro 250: Curva velocidad filtrante para lecho de 5 cm.

H1(cm)	V (mL)	± inc.	tiempo (s)	± inc.	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	± inc.
0	200	0.05	37.78	0.005	5.29	0.066	0.003
	200	0.05	46.94	0.005	4.26	0.053	0.003
	200	0.05	39.35	0.005	5.08	0.064	0.003
5	200	0.05	13.05	0.005	15.33	0.192	0.010
	200	0.05	11	0.005	18.18	0.227	0.011
	200	0.05	13.05	0.005	15.33	0.192	0.010
10	200	0.05	9	0.005	22.22	0.278	0.014
	200	0.05	8	0.005	25.00	0.313	0.016
	200	0.05	8	0.005	25.00	0.313	0.016
15	200	0.05	6	0.005	33.33	0.417	0.021
	200	0.05	7.61	0.005	26.28	0.329	0.017
	200	0.05	6.81	0.005	29.37	0.367	0.018
20	200	0.05	5.26	0.005	38.02	0.476	0.024
	200	0.05	4.91	0.005	40.73	0.509	0.026
	200	0.05	4.98	0.005	40.16	0.502	0.025
25	200	0.05	4.8	0.005	41.67	0.521	0.026
	200	0.05	4.8	0.005	41.67	0.521	0.026
	200	0.05	5	0.005	40.00	0.500	0.025
30	200	0.05	4	0.005	50.00	0.625	0.031
	200	0.05	3.8	0.005	52.63	0.658	0.033
	200	0.05	3.6	0.005	55.56	0.695	0.035
40	200	0.05	3.4	0.005	58.82	0.736	0.037
	200	0.05	3.2	0.005	62.50	0.782	0.039
	200	0.05	3	0.005	66.67	0.834	0.042

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 251: Curva velocidad filtrante para lecho de 10 cm.

H1(cm)	V (mL)	± inc.	tiempo (s)	± inc.	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	± inc.
	200	0.05	17.96	0.005	11.14	0.139	0.007
0	200	0.05	24.66	0.005	8.11	0.101	0.005
	200	0.05	22.26	0.005	8.98	0.112	0.006
	200	0.05	16.08	0.005	12.44	0.156	0.008
5	200	0.05	11.66	0.005	17.15	0.215	0.011
	200	0.05	11.93	0.005	16.76	0.210	0.011
	200	0.05	10.16	0.005	19.69	0.246	0.012
10	200	0.05	10.46	0.005	19.12	0.239	0.012
	200	0.05	11.38	0.005	17.57	0.220	0.011
	200	0.05	9.56	0.005	20.92	0.262	0.013
15	200	0.05	11.11	0.005	18.00	0.225	0.011
	200	0.05	9.43	0.005	21.21	0.265	0.013
	200	0.05	7.36	0.005	27.17	0.340	0.017
20	200	0.05	7.11	0.005	28.13	0.352	0.018
	200	0.05	7.55	0.005	26.49	0.331	0.017
	200	0.05	6.56	0.005	30.49	0.381	0.019
25	200	0.05	5.74	0.005	34.84	0.436	0.022
	200	0.05	6.73	0.005	29.72	0.372	0.019
	200	0.05		0.005			0.000
30	200	0.05		0.005			0.000
	200	0.05		0.005			0.000
	200	0.05		0.005			0.000
40	200	0.05		0.005			0.000
	200	0.05		0.005			0.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 252: Curva velocidad filtrante para lecho de 15 cm.

L(cm)			15 cm			
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	± inc.	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	± inc.
0	200	22.04	0.005	9.07	0.113	0.006
	200	20.48	0.005	9.77	0.122	0.006
	200	17.6	0.005	11.36	0.142	0.007
5	200	10.28	0.005	19.46	0.243	0.012
	200	14.13	0.005	14.15	0.177	0.009
	200	12.76	0.005	15.67	0.196	0.010
10	200	9.68	0.005	20.66	0.258	0.013
	200	10.63	0.005	18.81	0.235	0.012
	200	11.62	0.005	17.21	0.215	0.011
15	200	9	0.005	22.22	0.278	0.014
	200	10.31	0.005	19.40	0.243	0.012
	200	8.04	0.005	24.88	0.311	0.016
20	200	8.156667	0.005	24.52	0.307	0.015
	200	7.676667	0.005	26.05	0.326	0.016
	200	7.196667	0.005	27.79	0.348	0.017

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 253: Curva velocidad filtrante para lecho de 20 cm.

L(cm)				20 cm		
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	± inc.	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	± inc.
0	200	14.83	0.005	13.49	0.169	0.008
	200	18.68	0.005	10.71	0.134	0.007
	200	19.31	0.005	10. bnnnnnnn b36	0.130	0.007
5	200	14.46	0.005	13.83	0.173	0.009
	200	12.98	0.005	15.41	0.193	0.010
	200	15.01	0.005	13.32	0.167	0.008
10	200	10.81	0.005	18.50	0.231	0.012
	200	10.63	0.005	18.81	0.235	0.012
	200	9.03	0.005	22.15	0.277	0.014
15	200	9.1	0.005	21.98	0.275	0.014
	200	9.8	0.005	20.41	0.255	0.013
	200	9.15	0.005	21.86	0.273	0.014
20	200	4.24	0.005	47.17	0.590	0.030
	200	4.16	0.005	48.08	0.601	0.030
	200	4.5	0.005	44.44	0.556	0.028
30	200	3.9	0.005	51.28	0.641	0.032
	200	3.93	0.005	50.89	0.636	0.032
	200	4	0.005	50.00	0.625	0.031
40	200	3.45	0.005	57.97	0.725	0.036
	200	3.81	0.005	52.49	0.656	0.033
	200	3.53	0.005	56.66	0.709	0.036

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 254: Curva velocidad filtrante para lecho de 25 cm.

L(cm)					25 cm		
H1(cm)	V (mL)	± inc.	tiempo (s)	± inc.	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	± inc.
0	200	0.05	14.63	0.005	13.67	0.171	0.009
	200	0.05	16.51	0.005	12.11	0.151	0.008
	200	0.05	16.93	0.005	11.81	0.148	0.007
5	200	0.05	13.28	0.005	15.06	0.188	0.009
	200	0.05	13.06	0.005	15.31	0.192	0.010
	200	0.05	12.51	0.005	15.99	0.200	0.010
10	200	0.05	11.5	0.005	17.39	0.217	0.011
	200	0.05	12.3	0.005	16.26	0.203	0.010
	200	0.05	11.23	0.005	17.81	0.223	0.011

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 255: Relación altura de lecho de agua con velocidad filtrante

Vf(cm/s)	L(cm)	±inc.	L/K	k	H1(cm)	H2(cm)	H(cm)	±inc.
0.13888889	5	0.05	55.1554	0.09065296	2.147172222	-5.5133	7.66047222	0.05
	10	0.05	92.153	0.10851519	1.149027778	-11.65	12.7990278	0.05
	15	0.05	99.739	0.15039252	1.012638889	-12.84	13.8526389	0.05
0.01111111	5	0.05	55.1554	0.09065296	-4.90046222	-5.5133	0.61283778	0.05
	10	0.05	92.153	0.10851519	7.285727778	-5.5133	12.7990278	0.05
	15	0.05	99.739	0.15039252	8.339338889	-5.5133	13.8526389	0.05
0.00833333	5	0.05	55.1554	0.09065296	-5.05367167	-5.5133	0.45962833	0.05
	10	0.05	92.153	0.10851519	-10.8820583	-11.65	0.76794167	0.05
	15	0.05	99.739	0.15039252	-12.0088417	-12.84	0.83115833	0.05
0.00555556	5	0.05	55.1554	0.09065296	-5.20688111	-5.5133	0.30641889	0.05
	10	0.05	92.153	0.10851519	-11.1380389	-11.65	0.51196111	0.05
	15	0.05	99.739	0.15039252	-12.2858944	-12.84	0.55410556	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 256: Análisis granulométrico grava mayor a 1/2 pulgada

mm	MESH Tyler	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%)	% Acumulado	Desviación estándar
0.841	**< 20**	1114.1	83.856±0.00001	100.00±1.019E-02	7.18
0.595	20 - 28	0.9	0.070±0.01071	16.14±1.645E-01	0.01
0.355	28 - 42	0.4	0.028±0.02727	16.07±9.885E-01	0.01
0.25	42 - 60	0.6	0.048±0.01579	16.05±3.318E-01	0.00
0.177	60 - 80	0.7	0.050±0.01500	16.00±3.004E-01	0.02
0.149	80 - 100	0.5	0.040±0.01899	15.95±4.790E-01	0.02
0	> 100	211.4	15.909±0.00005	15.91±3.041E-06	7.21
	TOTAL	1328.6			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 257: Análisis granulométrico gravilla ¼- 1/3 pulgada

mm	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%(g±0.01))	% Acumulado	σ
<1.7	19.9	1.14	100.00±0.009	5.319
1.7-4.75	14.9	0.85	98.86±0.012	5.313
4.75-9.5	1068.3	61.05	98.01±0.0001	5.317
>9.5	646.8	36.96	36.96±0.0001	4.269
TOTAL	1749.9			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 258: Análisis granulométrico Arena de Río

mm	MESH Tyler	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%)	% Acumulado	σ
0.841	< 20	216.63	20.73±4.71E-05	100.00±2.27E-06	0.10
0.595	20 - 28	150.87	14.44±6.70E-05	79.27±4.64E-06	0.13
0.355	28 - 42	321.87	30.80±3.25E-05	64.84±1.06E-06	0.17
0.25	42 - 60	173.33	16.59±5.85E-05	34.04±4.15E-06	0.04
0.177	60 - 80	110.93	10.61±9.06E-05	17.45±3.82E-05	0.11
0.149	80 - 100	20.27	1.94±4.94E-04	6.84±2.55E-04	0.03
0	> 100	51.20	4.90±1.96E-04	4.90±3.99E-05	0.37
	TOTAL	1045.10			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 259: Análisis granulométrico arena blanca de cerro

mm	MESH Tyler	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%)	% Acumulado	σ
0.841	< 20	610.9	50.729±1.87E-05	100.00±4.04E-07	7.61
0.595	20 - 28	371.8	30.877±2.84E-05	49.27±8.13E-06	3.65
0.355	28 - 42	105.6	8.769±9.51E-05	18.39±1.49E-04	6.04
0.25	42 - 60	85.2	7.075±1.18E-04	9.62±1.43E-03	6.10
0.177	60 - 80	16.3	1.354±6.14E-04	2.55±3.64E-03	0.89
0.149	80 - 100	7.0	0.579±1.44E-03	1.20±4.32E-03	0.48
0	> 100	7.4	0.617±1.35E-03	0.62±2.18E-03	0.46
	Total	1204.2			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 260: Análisis granulométrico carbón mineral

mm	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%)	% Acumulado	σ
<1.7	266.5	13.96±0.01	100.00±0.0007	2.12
1.7-4.75	432.3	22.64±0.01	86.04±0.0004	2.16
4.75-9.5	641.6	33.61±0.01	63.40±0.0004	2.01
9.5-12.5	437.4	22.91±0.01	29.790.0004	2.04
>12.5	131.3	6.88±0.01	6.88±0.0015	2.78
TOTAL	1909.1			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 261: Análisis granulométrico carbón activado

mm	MESH Tyler	Retenido (g±0.01)	Porcentaje (%)	% Acumulado	σ
0.841	< 20	0.3	0.04±0.0333	100.00±7.52E-01	0.02
0.595	20 - 28	1.3	0.19±0.0079	99.96±4.22E-02	0.04
0.355	28 - 42	1.6	0.23±0.0064	99.77±2.76E-02	0.15
0.25	42 - 60	0.6	0.09±0.0158	99.54±1.69E-01	0.01
0.177	60 - 80	0.7	0.10±0.0150	99.44±1.52E-01	0.04
0.149	80 - 100	65.6	9.69±0.0002	99.35±1.58E-05	0.95
0	> 100	606.9	89.65±0.00001	89.65±2.53E-07	1.12
	TOTAL	677.0			

Fuente: Elaboración propia

1. Cálculos de muestra

a) Velocidad Filtrante

$$v_f = \frac{Q}{A} = \frac{5.59 cm^3/s}{79.960 cm^2} = 0.066 cm/s$$

Altura agua sobrenadante

$$H_1 - H_2 = \frac{v_f}{k}$$ Ecuación 74

Donde:
L= altura de lecho de arena(cm)
K=coeficiente de permeabilidad(cm/s)
H1= altura de agua cruda(cm)
H2= altura de agua tratada (cm)
Vf= velocidad de filtración (cm/s)

$$\Delta H = \frac{V_f}{k} * L \approx H_1 = \frac{L}{k} V_f + H_2$$
$$pendiente = \frac{L}{k}$$ Ecuación 75

Para un lecho de 5cm.

$$k = \frac{L}{Pendiente} = \frac{5cm}{55.1554s} = \frac{0.0906cm}{s}$$

Por teoría para que sea un filtro lento se debe tener 0.0028-0.011cm/s

$$H_1 = \frac{L}{k} V_f + H_2$$

$$H_1 = \left((55.1554) * \frac{0.0056 cm}{s} \right) - 5.5133 \text{cm}$$
$$H_1 = -5.5133 \text{ cm}$$

Para determinar el agua cruda sobrenadante para una altura de lecho de 5 cm

$$H_1 = -5.5133 - (-5.5133) = 0.30 cm.$$

Determinación de caudal de agua jabonosa, por medio de los Litros que usa cada persona y y cantidad de habitantes

$$\frac{1.9197m^3}{dia} * \frac{1dia}{24horas} = \frac{0.0499m^3}{h}$$

Determinación de área mínima pro medio de velocidades teóricas.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{\left(0.0499\frac{m^3}{h}\right)}{\frac{0.2m}{h}} = 0.2494m^2$$

Para obtener el número de filtros requeridos se utiliza la siguiente formula:

$$N = \frac{1}{4}\sqrt{Q} = \frac{1}{4}\sqrt{1.197m3/dia} = 0.2 = 1\ filtro \qquad \text{Ecuación 76}$$

b) Caudal del agua filtrante. Sabiendo que se tiene una capacidad de tanque de almacenamiento de agua filtrada de 3.18 litros y un volumen de agua dentro del filtro de 4.59 litros. La velocidad de filtración varía de acuerdo a la altura del lecho filtrante, según la ley de Darcy es de 0.0028 a 0.011 cm/s para un filtro de un diámetro de 25.5cm.

$$Q = \frac{vf}{A} = \frac{0.011cm/s}{25.5cm^2} = 5.6cm^3/s$$

Donde:
Vf= velocidad filtrante (cm/s)
A= área superficial del filtro (cm2)
Q= caudal del agua filtrante (cm3/s)

c) Tiempo de vaciado del filtro. Si se considera una altura H inicial para el filtro lleno de 8.5cm, la altura del líquido en cualquier instante t y el volumen del agua en ese instante depende la velocidad del agua a través del orificio de salida, el cual posee un diámetro de 2cm. Según el teorema de Torricelli:

$$V = \int_0^h A(h)dh$$

Según la ley de Darcy:

$$\frac{dV}{dt} = -ac * h * \frac{k}{L}$$

Derivando respecto a, según el teorema fundamental de cálculo se obtiene:

$$\frac{dV}{dt} = -ac * h * \frac{k}{L} = A(h)\frac{dh}{dt} \qquad \text{Ecuación 77}$$

Donde:
C: 0.6 para un orificio en forma circular
H: altura de agua sobrenadante
V: volumen de agua filtrante
t: tiempo de filtranción
g: gravedad, 9.8 m/s^2
a: área del orificio de salida

A(H): área de la sección transversal del filtro

Para el filtro, cilindro circular de altura h=26cm y diámetro R=12.8 con un orificio circular de salida de diámetro d=2cm.

$$\frac{dV}{dt} = -0.6\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 * h * \frac{k}{L} = -0.664\pi d^2 * h * 0.011 = \pi R^2 \frac{dh}{dt}$$ Ecuación 78

$$\frac{dh}{h} = -0.664\frac{d^2}{R^2}dt$$

Integrando se obtiene:

$$\int \frac{dh}{h} = -\int 0.664\frac{d^2}{R^2}dt$$

$$\ln(h) = -0.664\frac{d^2}{R^2}t + C$$

Para despejar para la constante se ingresan las condiciones iniciales, t=0, h=h_0

$$C = \ln(h) - 0.664\frac{d^2}{R^2}t = \ln(27)$$

$$t = \frac{(ln(h) - C)R^2}{-0.664d^2} = \frac{(\ln(0.0001) - \ln(27))(12.8cm)^2}{-0.664 * 4 * (0.5cm)^2} = 3085.86\ s = 51.43\ min.$$

d) Determinación de la eficiencia del filtro

$$Eficiencia\ (\%) = \frac{Turbidez(afluente) - turbidez\ (efluente)}{turbidez\ afluente} * 100 = \frac{5-0}{5} * 100 = 100\%$$ Ecuación 79

F. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN EL LAVADO DE ROPA

1. Datos Originales

Cuadro 262: Análisis granulométrico de la arena de río, primera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	219.40	0.01	20.97	4.66E-05	**100.00**
20 - 30	154.30	0.01	14.75	6.55E-05	79.03
30 - 45	326.40	0.01	31.20	3.21E-05	64.28
45 - 60	174.50	0.01	16.68	5.81E-05	33.08
60 - 80	108.40	0.01	10.36	9.27E-05	16.40
80 - 100	20.90	0.01	2.00	4.79E-04	6.04
> 100	42.30	0.01	4.04	2.37E-04	4.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 263: Análisis granulométrico de la arena de rio, segunda corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	216.10	0.01	20.68	4.73E-05	**100.00**
20 - 30	150.20	0.01	14.37	6.73E-05	79.32
30 - 45	321.00	0.01	30.71	3.26E-05	64.95
45 - 60	173.30	0.01	16.58	5.85E-05	34.24
60 - 80	111.80	0.01	10.70	9.00E-05	17.66
80 - 100	19.70	0.01	1.88	5.08E-04	6.97
> 100	53.10	0.01	5.08	1.89E-04	5.08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 264: Análisis granulométrico de la arena de rio, tercera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	214.40	0.01	20.54	4.76E-05	**100.00**
20 - 30	148.10	0.01	14.19	6.82E-05	79.46
30 - 45	318.20	0.01	30.48	3.28E-05	65.27
45 - 60	172.20	0.01	16.50	5.89E-05	34.79
60 - 80	112.60	0.01	10.79	8.93E-05	18.30
80 - 100	20.20	0.01	1.94	4.95E-04	7.51
> 100	58.20	0.01	5.58	1.72E-04	5.58

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 265: Análisis granulométrico de la arena blanca, primera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	456.10	0.01	41.32	2.37E-05	**100.00**
20-30	250.00	0.01	22.65	4.10E-05	58.68
30-45	68.20	0.01	6.18	1.47E-04	36.04
42 - 60	249.60	0.01	22.61	4.11E-05	29.86
60 - 80	40.00	0.01	3.62	2.50E-04	7.25
80 - 100	20.00	0.01	1.81	5.00E-04	3.62
> 100	20.00	0.01	1.81	5.00E-04	1.81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 266: Análisis granulométrico de la arena blanca, segunda corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	335.10	0.01	36.30	3.12E-05	**100.00**
20-30	350.00	0.01	37.91	3.00E-05	63.70
30-45	230.70	0.01	24.99	4.43E-05	25.79
42 - 60	2.10	0.01	0.23	4.76E-03	0.80
60 - 80	2.80	0.01	0.30	3.57E-03	0.57
80 - 100	0.30	0.01	0.03	3.33E-02	0.27
> 100	2.20	0.01	0.24	4.55E-03	0.24

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 267: Análisis granulométrico de la arena blanca, tercera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.
< 20	1041.50	0.01	87.83	1.32E-05	**100.00**
20-30	115.70	0.01	9.76	8.69E-05	12.17
30-45	17.90	0.01	1.51	5.59E-04	2.41
42 - 60	3.90	0.01	0.33	2.56E-03	0.90
60 - 80	6.10	0.01	0.51	1.64E-03	0.57
80 - 100	0.60	0.01	0.05	1.67E-02	0.06
> 100	0.10	0.01	0.01	1.00E-01	0.01

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 268: Análisis granulométrico de grava, primera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.	Inc.
< 20	979.40	0.01	99.07	0.00	**100.00**	3.21
20-30	0.70	0.01	0.07	0.01	0.93	2.98
30-45	0.20	0.01	0.02	0.05	0.86	2.56
42 - 60	0.50	0.01	0.05	0.02	0.84	0.56
60 - 80	0.90	0.01	0.09	0.01	0.79	0.31
80 - 100	0.70	0.01	0.07	0.01	0.70	0.20
> 100	6.20	0.01	0.63	0.00	0.63	0.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 269: Análisis granulométrico de grava, segunda corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.	Inc.
< 20	1182.50	0.01	99.10	0.00	**100.00**	2.06
20-30	0.80	0.01	0.07	0.01	0.90	1.85
30-45	0.30	0.01	0.03	0.03	0.83	1.52
42 - 60	0.60	0.01	0.05	0.02	0.80	0.61
60 - 80	1.00	0.01	0.08	0.01	0.75	0.38
80 - 100	0.70	0.01	0.06	0.01	0.67	0.24
> 100	7.30	0.01	0.61	0.00	0.61	0.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 270: Análisis granulométrico de grava, tercera corrida

MESH Tyler	Retenido (g)	Inc.	Porcentaje (%)	Inc.	% Ac.	Inc.
< 20	1180.50	0.01	65.44	0.00	**100.00**	0.00
20-30	205.80	0.01	11.41	0.00	34.56	0.01
30-45	205.10	0.01	11.37	0.00	23.16	0.13
42 - 60	0.80	0.01	0.04	0.01	11.79	1.56
60 - 80	0.10	0.01	0.01	0.10	11.74	18.05
80 - 100	0.18	0.01	0.01	0.06	11.74	5.57
> 100	211.60	0.01	11.73	0.00	11.73	0.00

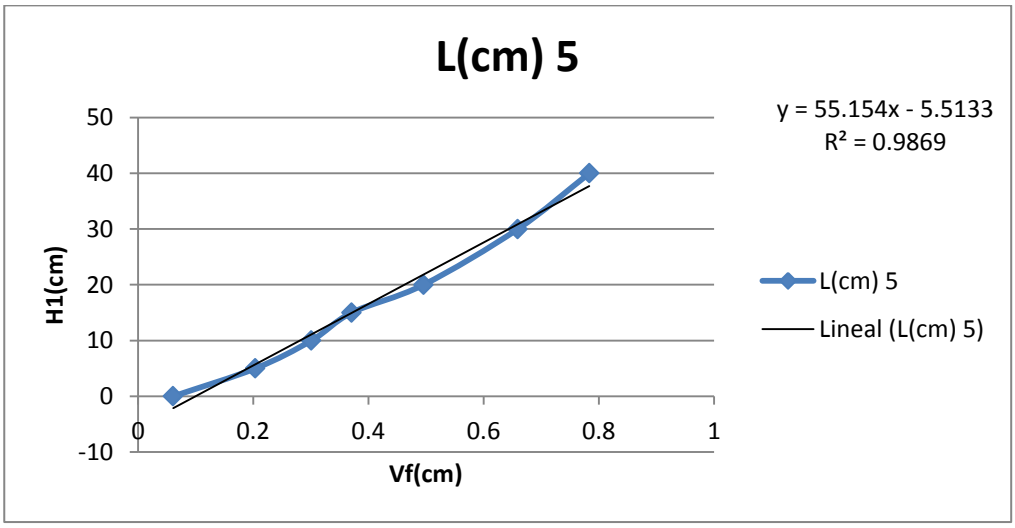
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 271: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 5 cm

L(cm)		5 cm		
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)
0	200	37.78	5.29	0.066
	200	46.94	4.26	0.053
	200	39.35	5.08	0.064
5	200	13.05	15.33	0.192
	200	11	18.18	0.227
	200	13.05	15.33	0.192
10	200	9	22.22	0.278
	200	8	25.00	0.313
	200	8	25.00	0.313
15	200	6	33.33	0.417
	200	7.61	26.28	0.329
	200	6.81	29.37	0.367
20	200	5.26	38.02	0.476
	200	4.91	40.73	0.509
	200	4.98	40.16	0.502
25	200	4.8	41.67	0.521
	200	4.8	41.67	0.521
	200	5	40.00	0.500
30	200	4	50.00	0.625
	200	3.8	52.63	0.658
40	200	3.6	55.56	0.695
	200	3.4	58.82	0.736
	200	3.2	62.50	0.782
	200	3	66.67	0.834

Fuente: Elaboración propia

Figura 197: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 5cm



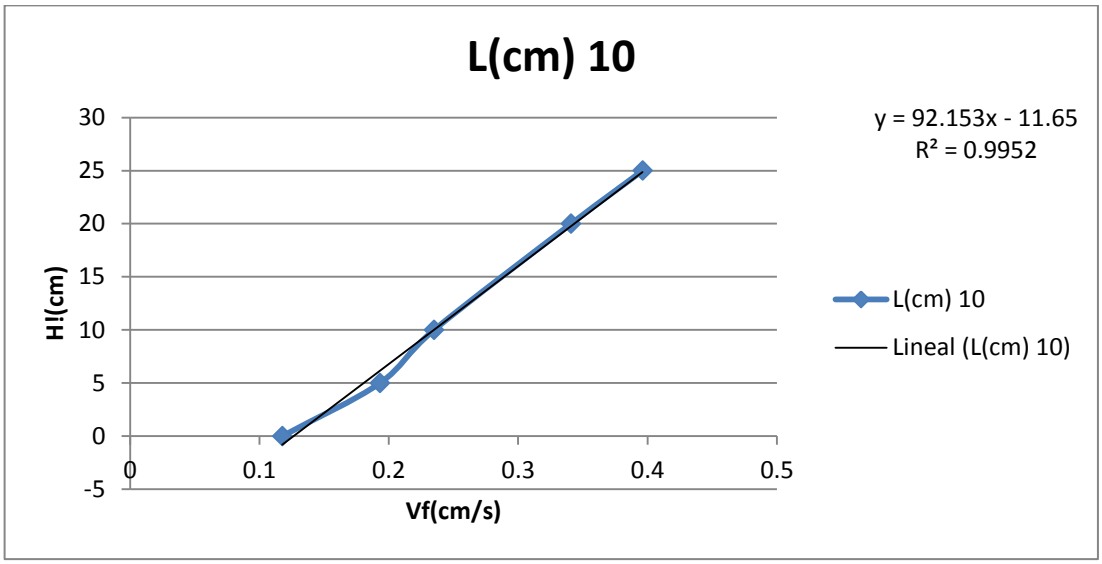
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 272: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 10cm

L(cm)	10 cm			
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)
0	200	17.96	11.14	0.139
	200	24.66	8.11	0.101
	200	22.26	8.98	0.112
5	200	16.08	12.44	0.156
	200	11.66	17.15	0.215
	200	11.93	16.76	0.210
10	200	10.16	19.69	0.246
	200	10.46	19.12	0.239
	200	11.38	17.57	0.220
15	200	9.56	20.92	0.262
	200	11.11	18.00	0.225
	200	9.43	21.21	0.265
20	200	7.36	27.17	0.340
	200	7.11	28.13	0.352
	200	7.55	26.49	0.331
25	200	6.56	30.49	0.381
	200	5.74	34.84	0.436
	200	6.73	29.72	0.372

Fuente: Elaboración propia

Figura 198: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 10cm



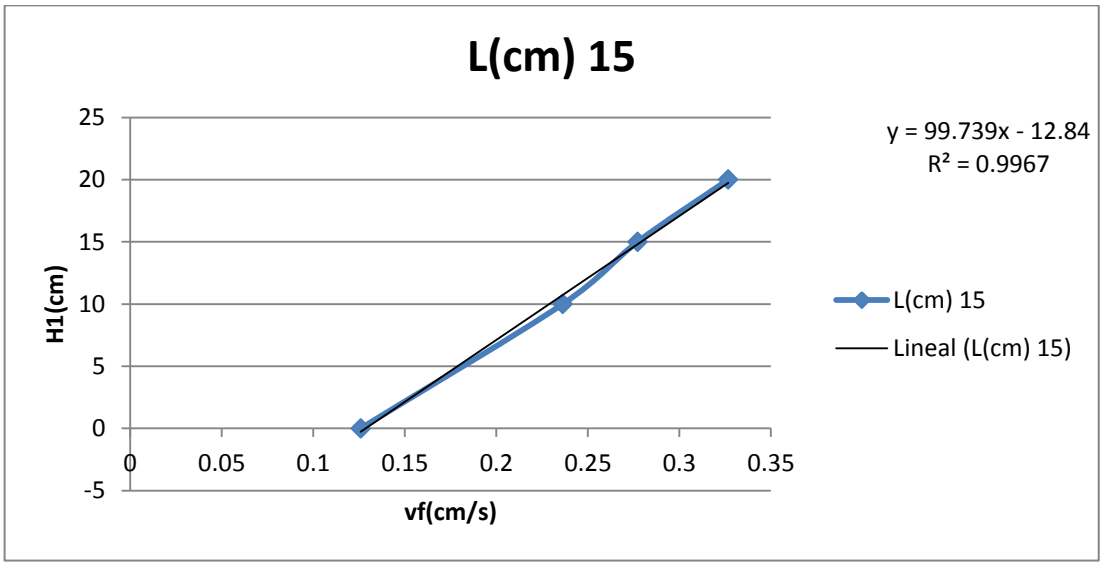
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 273: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 15 y 20 cm

L(cm)		15 cm			20 cm		
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)
	200	22.04	9.07	0.113	14.83	13.49	0.169
0	200	20.48	9.77	0.122	18.68	10.71	0.134
	200	17.6	11.36	0.142	19.31	10.36	0.130
	200	10.28	19.46	0.243	14.46	13.83	0.173
5	200	14.13	14.15	0.177	12.98	15.41	0.193
	200	12.76	15.67	0.196	15.01	13.32	0.167
	200	9.68	20.66	0.258	10.81	18.50	0.231
10	200	10.63	18.81	0.235	10.63	18.81	0.235
	200	11.62	17.21	0.215	9.03	22.15	0.277
	200	9	22.22	0.278	9.1	21.98	0.275
15	200	10.31	19.40	0.243	9.8	20.41	0.255
	200	8.04	24.88	0.311	9.15	21.86	0.273
	200	8.156666667	24.52	0.307	4.24	47.17	0.590
20	200	7.676666667	26.05	0.326	4.16	48.08	0.601
	200	7.196666667	27.79	0.348	4.5	44.44	0.556

Fuente: Elaboración propia

Figura 199: Grafico Altura de agua sobrenadante vs velocidad de filtro con un lecho de 15cm



Cuadro 274: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 25cm

L(cm)			25 cm	
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)
0	200	14.63	13.67	0.171
	200	16.51	12.11	0.151
	200	16.93	11.81	0.148
5	200	13.28	15.06	0.188
	200	13.06	15.31	0.192
	200	12.51	15.99	0.200
10	200	11.5	17.39	0.217
	200	12.3	16.26	0.203
	200	11.23	17.81	0.223

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 275: Velocidad de arena a diferente altura de agua y lecho de arena de 30cm

L(cm)	30 cm			
H1(cm)	V (mL)	tiempo (s)	Caudal(cm3/s)	Velocidad(cm/s)
0	200	17.86	11.20	0.140
	200	16.88	11.85	0.148
	200	17.1	11.70	0.146
5	200	16.2	12.35	0.154
	200	15.98	12.52	0.157
	200	15.79	12.67	0.158
20	200	15.08	13.26	0.166
	200	15.55	12.86	0.161
	200	15.74	12.71	0.159
30	200	15.08	13.26	0.166
	200	15.74	12.71	0.159
	200	15.55	12.86	0.161

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 276: Datos para calcular la densidad relativa

	No. muestra	Masa (g)	inc.	Volumen incial (mL)	volumen final (mL)	Densidad (g/mL)	DR
Arena blanca	1.1	3.916	0.0001	30	32	1.958	1.958
	2.1	2.5761	0.0001	30	31	2.576	2.576
	3.1	4.2083	0.0001	30	32.5	1.683	1.683
	4.1	4.3619	0.0001	30	33	1.454	1.454
	5.1	5.9112	0.0001	30	34	1.478	1.478
	Promedio					**1.830**	**1.830**
Arena río	1.1	5.0295	0.0001	30	33	1.677	1.677
	2.1	7.2638	0.0001	30	34	1.816	1.816
	3.1	5.9433	0.0001	30	34.5	1.321	1.321
	4.1	4.6825	0.0001	30	33	1.561	1.561
	5.1	8.3436	0.0001	30	34	2.086	2.086
	Promedio					**1.692**	**1.692**

Fuente: Elaboración propia

Continuación Cuadro 276: Datos para calcular la densidad relativa

	No. muestra	Masa (g)	inc.	Volumen incial (mL)	volumen final (mL)	Densidad (g/mL)	DR
	1.1	10.8886	0.0001	30	33	3.630	3.630
	2.1	10.9369	0.0001	30	33.5	3.125	3.125
Grava	3.1	11.2673	0.0001	30	34	2.817	2.817
	4.1	6.2423	0.0001	30	32	3.121	3.121
	5.1	13.1897	0.0001	30	35	2.638	2.638
	Promedio					**3.066**	**3.066**
	1.1	1.6278	0.0001	30	34	0.407	0.407
	2.1	7.943	0.0001	58	65	1.135	1.135
Carbón	3.1	5.8094	0.0001	30	38	0.726	0.726
	4.1	10.8337	0.0001	30	40	1.083	1.083
	5.1	7.1206	0.0001	30	43	0.548	0.548

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 277: Velocidades de flujo a diferentes cabezas de agua y lecho de arena

L(cm)	5	10	15	20	25	30
H(cm)	vf (cm/s)	vf (cm/s)	vf (cm/s)	vf (cm/s)	vf (cm/s)	vf (cm/s)
5	0.06					
10	0.20	0.12				
15	0.30	0.19	0.13			
20	0.37	0.24	0.17	0.14		
25	0.50	0.25	0.19	0.15	0.14	
30	0.51	0.34	0.21	0.17	0.15	0.17

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 278: Coeficiente de fricción de según la altura de la arena.

z(cm)	Caudal (cm3/s)	vf2(cm/s)	hf
5	4.88	1.55305057	4903.794017
10	9.41	2.995389772	9805.51382
15	10.07	3.204709082	14709.86492
20	11.52	3.665883986	19613.28065
25	12.53	3.989246177	24517.04296
30	11.58	3.686289067	29423.20564

Fuente: Elaboración propia

2. Cálculos para el pre-diseño del filtro

Cálculo de caudal del filtro.

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{Ecuación 80}$$

$$Q = \frac{200cm^3}{37.78s} = 5.59cm^3/s$$

Conociendo el área del tubo, se determino la velocidad de filtración,

$$v_f = \frac{Q}{A} \qquad \text{Ecuación 81}$$

$$v_f = \frac{5.59cm^3/s}{79.960cm^2} = 0.066cm/s$$

Posteriormente se graficó el lecho de arena(L) vs altura de agua cruda(H) como se observa en la Ilustración, se realizó una regresión lineal dichos resultados en Tabla 17 en la sección de resultados) y se obtuvo la pendiente la cual es(L/k) debido a la ley de Darcy

$$H_1 - H_2 = \frac{v_f}{k}L \qquad \text{Ecuación 82}$$

donde:

L= altura de lecho de arena(cm)

K=coeficiente de permeabilidad(cm/s)

H1= altura de agua cruda(cm)

H2= altura de agua tratada (cm)

Vf= velocidad de filtración (cm/s)

$$\Delta H = \frac{V_f}{k} * L \approx H_1 = \frac{L}{k}V_f + H_2$$

Con esta gráfica se logró obtener la forma de la pendiente (L/k)

Debido a que ya se conoce el lecho de arena se despejo para k.

$$pendiente = \frac{L}{k}$$

Para un lecho de 5cm.

$$k = \frac{L}{Pendiente} = \frac{5cm}{55.1554s} = \frac{0.0906cm}{s}$$

Por teoría para que sea un filtro lento se debe tener 0.0056 cm /s.

$$H_1 = \frac{L}{k}V_f + H_2$$

$$H_1 = \left((55.1554) * \frac{0.0056cm}{s} \right) - 5.5133$$

$H_1 = -5.5133.$

Para determinar el agua cruda sobrenadante para una altura de lecho de 5 cm

$H_1 = -5.5133 - (-5.5133) = 0.30cm.$

Determinación de caudal de agua jabonosa, por medio de los Litros que usa cada persona y y cantidad de habitantes

$$\frac{1.9197m^3}{dia} * \frac{1dia}{24horas} = \frac{0.0499m^3}{h}$$

Determinación de área mínima por medio de velocidades teóricas.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{\left(0.0499 \frac{m^3}{h}\right)}{\frac{0.2m}{h}} = 0.2494m^2$$

Para obtener el número de filtros requeridos se utiliza la siguiente formula:

$N = \frac{1}{4}\sqrt{Q} = \frac{1}{4}\sqrt{1.197m3/dia} = 0.2 = 1\ filtro$ Ecuación 83

3. Cálculos para el sistema de filtración

Cálculo de la altura de agua sobrenadante

- Según ecuación de Ergun

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150V_o\mu}{\phi_s^2 D_p^2}\frac{(1-\varepsilon)^2}{(\varepsilon)^3} + \frac{1.75\rho V_o^2}{\phi_s D_p^1}\frac{(1-\varepsilon)^1}{(\varepsilon)^3}$$ Ecuación 84

Se obtiene la relación de diferencia de caída de presión y altura de lecho filtrante. En donde:

ε: Porosidad

μ:Viscosidad (kg/m*s)

ϕ_s: Esfericidad

D_P: Diámetro de la partícula (m)

ρ: Densidad (kg/m^3)

Despejando para ΔP

$$\Delta P = \frac{150V_o\mu}{\phi_s^2 D_p^2}\frac{(1-\varepsilon)^2}{(\varepsilon)^3} + \frac{1.75\rho V_o^2}{\phi_s D_p^1}\frac{(1-\varepsilon)^1}{(\varepsilon)^3} * L$$

$$\Delta P = \frac{150(5.56 * 10^{-5} m/s)(8.98 * 10^{-4}(\frac{kg}{ms}))}{0.83^2(8.41 * 10^{-4})^2} \frac{(1-0.4639)^2}{(0.4639)^3}$$

$$+ \frac{1.75(\frac{997.0244kg}{m^3})(5.56 * 10^{-5} m/s)^2}{0.83(8.41 * 10^{-4})} \frac{(1-0.4639)^1}{(0.4639)^3} * 0.30m = 13.27$$

Encontrando la altura de agua sobrenadante $\Delta P = \rho g h$

$$h = \Delta P / \rho g$$

$$h = \frac{13.27}{(9.8 m/s^2)(997.0244 kg/m^3)} = 0.001358m = 0.1358cm$$

Cálculo de tiempo de vaciado del tanque

Según la ecuación de Torricelli

$$\frac{dV}{dt} = -av$$

$$\frac{dV}{dt} = -a\sqrt{2gh}$$

$$V = \int_0^h A(h)dh$$

$$\frac{dV}{dt} = A(h)\frac{dh}{dt}$$

Al igual ecuaciones

$$A(h)\frac{dh}{dt} = -a\sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 85}$$

donde

h=altura del tanque(m)=0.8m

a=área de orificio de salida(m^2)=0.00012 m^2

A(h)= área de la sección transversal del tanque a la altura h (m)

t= tiempo(s)

g=gravedad(m/s^2)=9.81 m/s^2

A=área transversal del tanque(m^2)= 2.66 m^2

Despejando y operando

$$2.66dh = -0.00012\sqrt{2 * 9.8 * h}dt$$

$$\frac{-4740.61}{\sqrt{h}}dh = dt$$

$$-4740.61\int \sqrt{h}\,dh = \int dt$$

$$-9481.23\sqrt{h} = t + k$$

$$\sqrt{h} = -\frac{t}{-9481.23} + \frac{8480.27}{9481.23}$$

$$h = (\frac{t}{-9481.23} + \frac{8480.27}{9481.23})^2$$

Encontrando el tiempo de vaciado

$$0 = (\frac{t}{-9481.23} + \frac{8480.27}{9481.23})^2$$

despejando para t

$$t = 0.8944 * 9481.23$$

t =8480.27s=2.35horas

Cálculo de la velocidad a la salida del tanque

Según la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho} + gh_1 + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + gh_2 + \frac{V_2^2}{2}$$ Ecuación 86

Donde

p= presión

v=velocidad

g=gravedad

h=altura del tanque =0.8m

A_1=área del tanque = 2.66 m^2

A_2=área del orificio de salida = 0.00012 m^2

Despejando para Velocidad en el punto dos se obtiene

$$V_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1}}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1}}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 * 9.81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s2}} * 0.8m}{1}}$$

$$V_2 = 3.96m/s$$

Cálculo de la velocidad a la salida del filtro

Según la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho} + gh_1 + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + gh_2 + \frac{V_2^2}{2}$$

Donde

p= presión

V_1 =velocidad a la entrada del filtro=15.69m/h

g=gravedad

h=altura del filtro =0.5013m

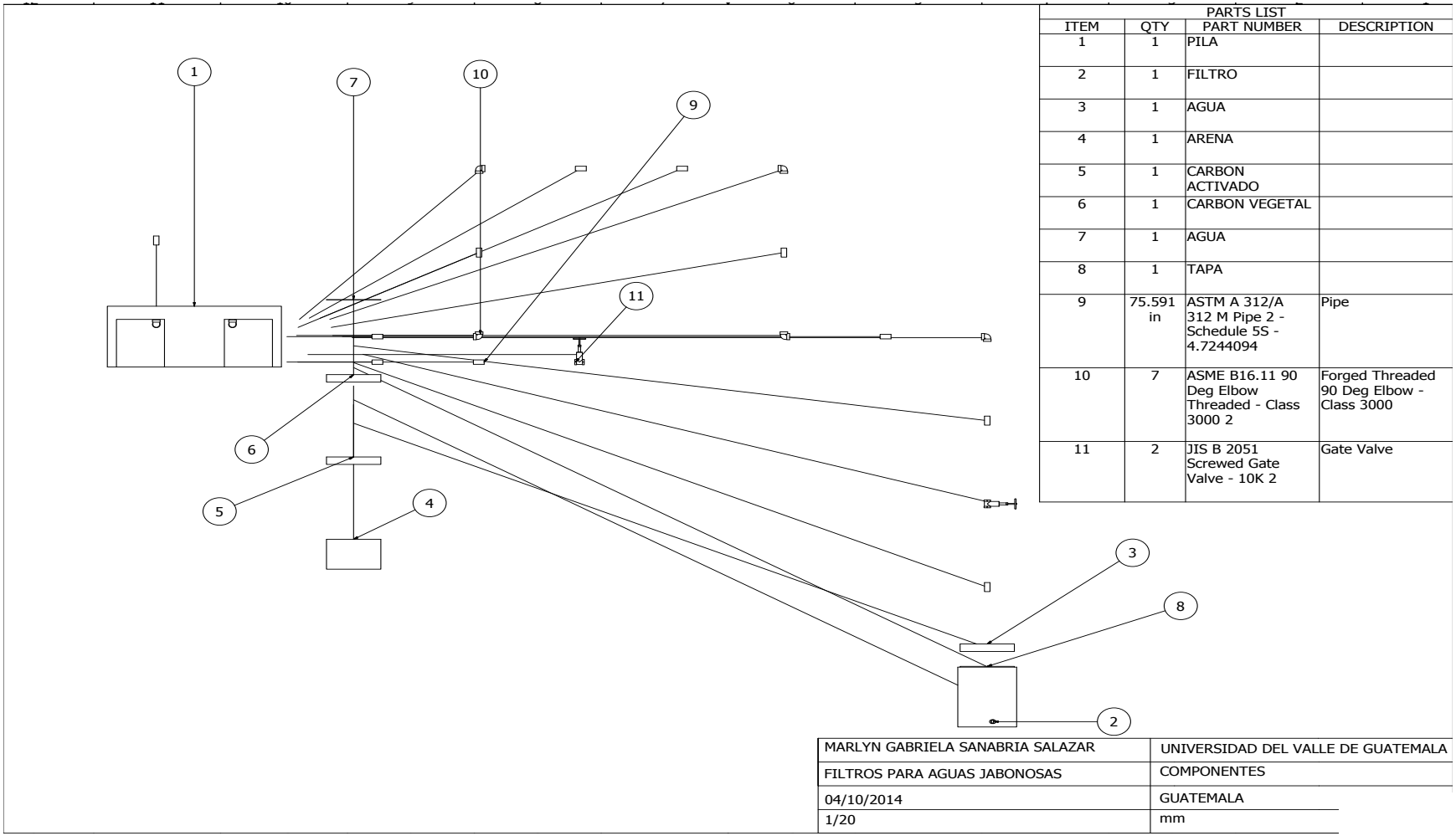
Despejando para Velocidad en el punto dos se obtiene

$$V_2 = \sqrt{2(gh + \frac{V_1^2}{2})}$$

$$V_2 = \sqrt{2(9.81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s2}} * 0.5013m + \frac{3.96\mathrm{m/s}}{2})}$$

$$V_2 = 5.05m/s$$

Figura 200: Plano de componentes del sistema 2



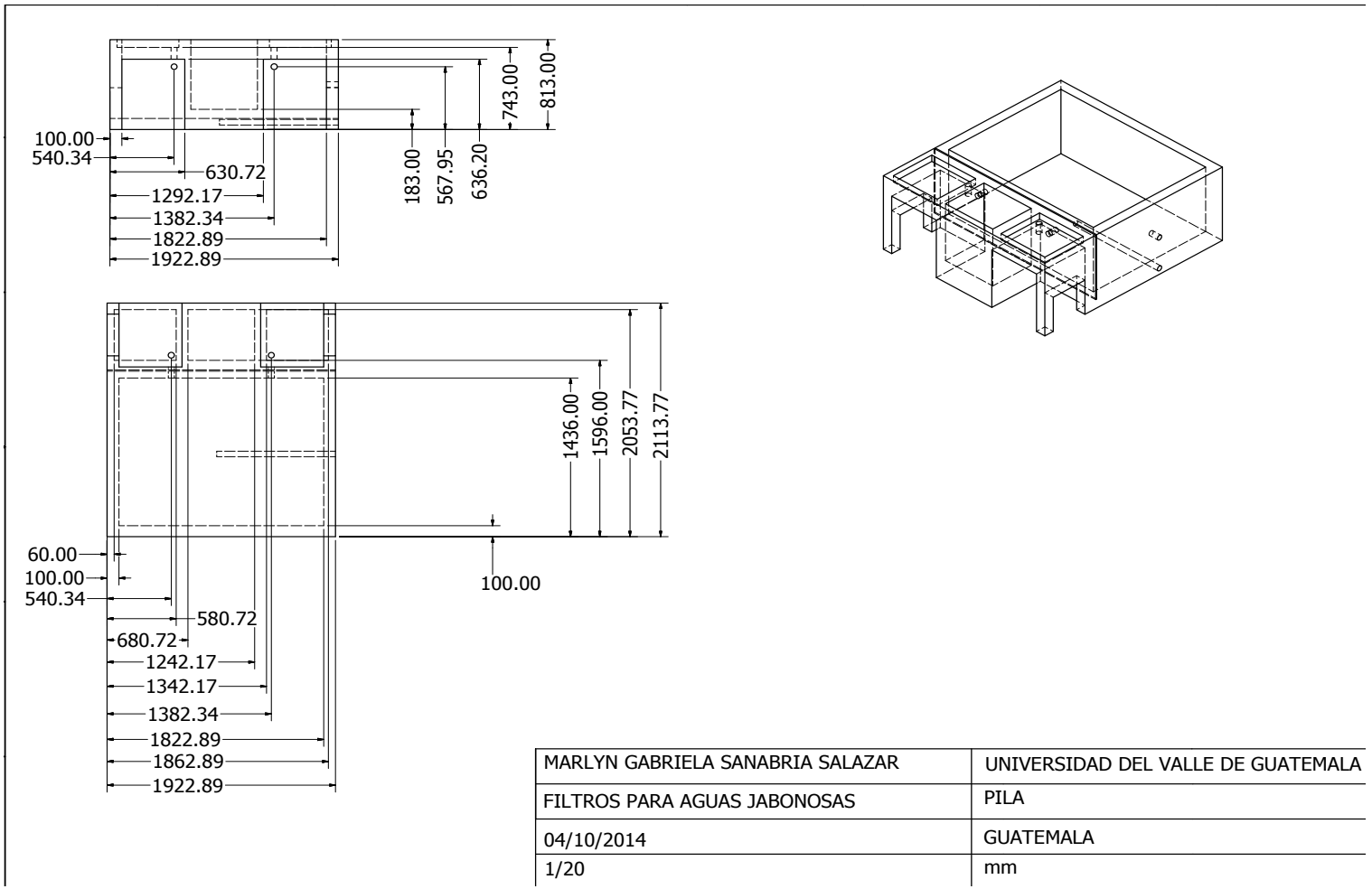
PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	PILA	
2	1	FILTRO	
3	1	AGUA	
4	1	ARENA	
5	1	CARBON ACTIVADO	
6	1	CARBON VEGETAL	
7	1	AGUA	
8	1	TAPA	
9	75.591 in	ASTM A 312/A 312 M Pipe 2 - Schedule 5S - 4.7244094	Pipe
10	7	ASME B16.11 90 Deg Elbow Threaded - Class 3000 2	Forged Threaded 90 Deg Elbow - Class 3000
11	2	JIS B 2051 Screwed Gate Valve - 10K 2	Gate Valve

MARLYN GABRIELA SANABRIA SALAZAR	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FILTROS PARA AGUAS JABONOSAS	COMPONENTES
04/10/2014	GUATEMALA
1/20	mm

Fuente: Elaboración propia

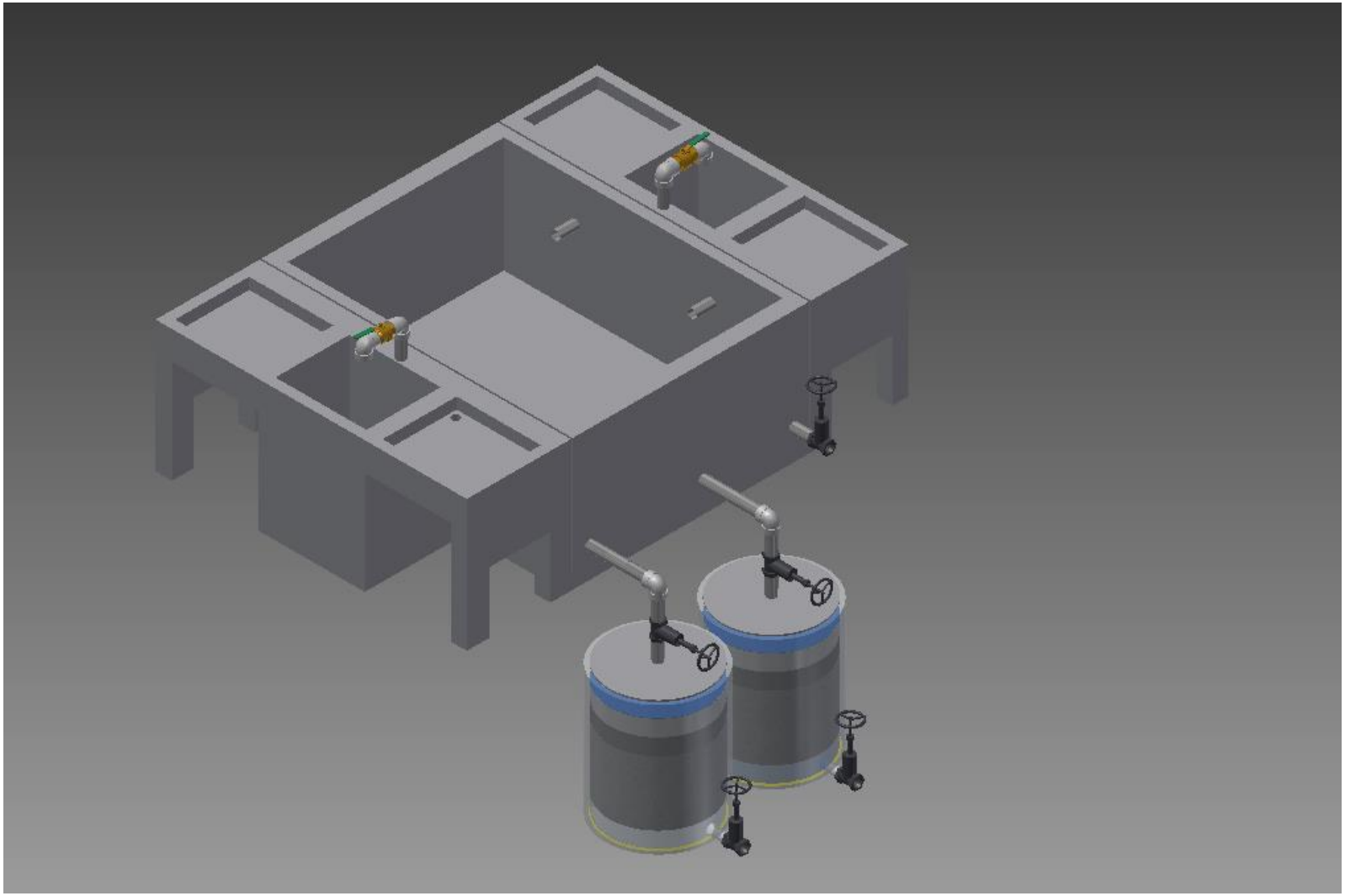
Figura 201: Plano de pre-diseño del sistema 2



MARLYN GABRIELA SANABRIA SALAZAR	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FILTROS PARA AGUAS JABONOSAS	PILA
04/10/2014	GUATEMALA
1/20	mm

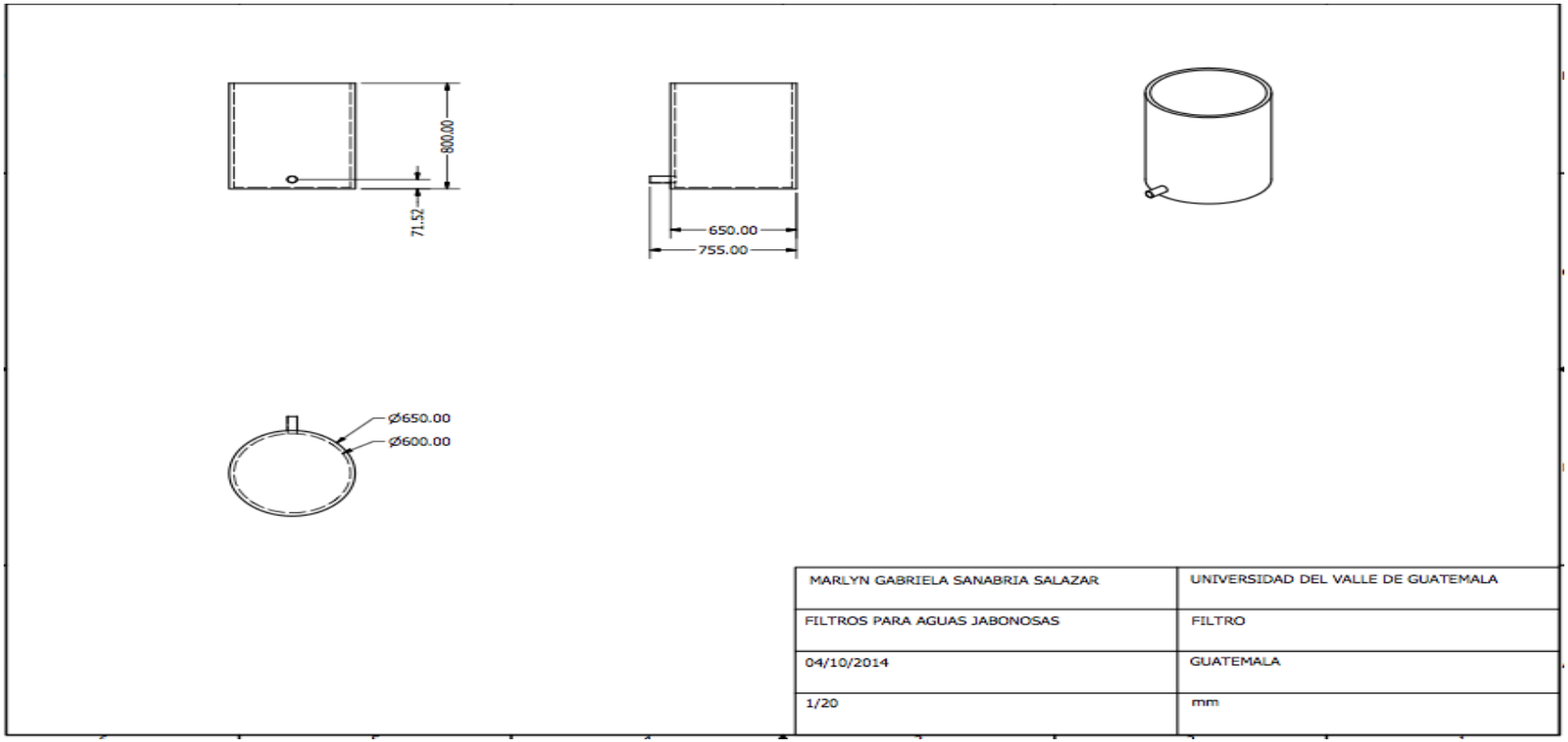
Fuente: Elaboración propia

Figura 202. Imagen del sistema propuesto



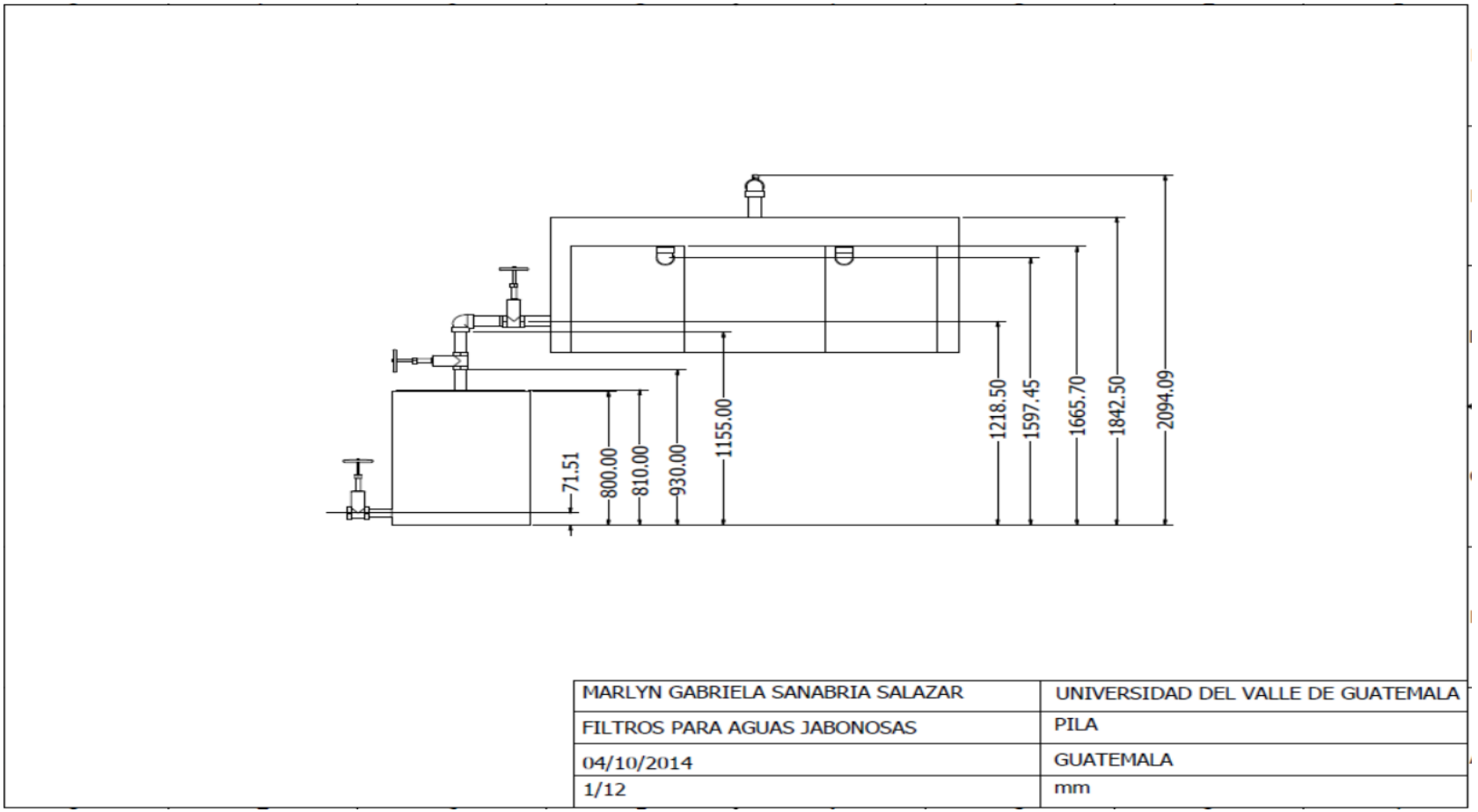
Fuente: Elaboración propia

Figura 203. Medidas del filtro propuesto



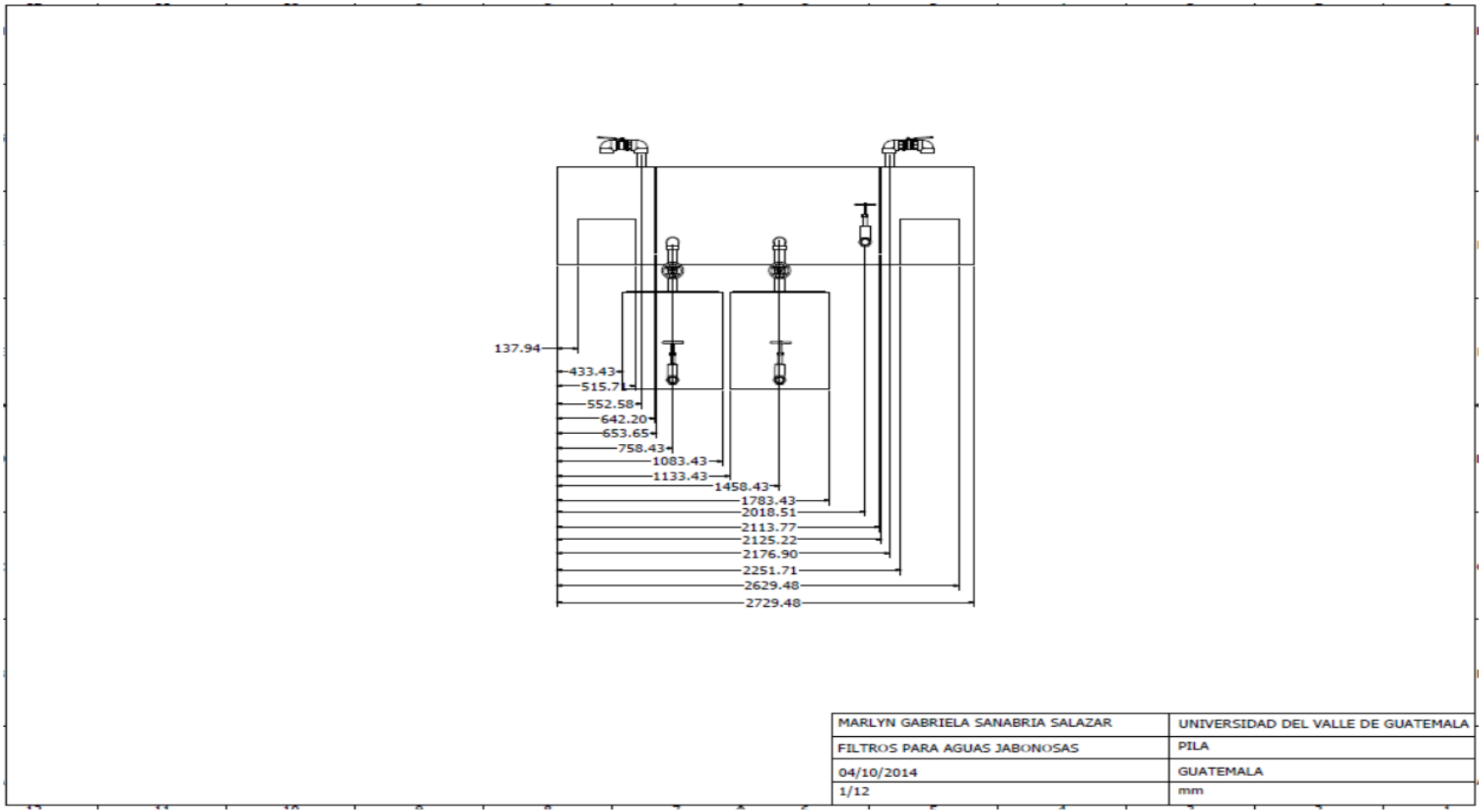
Fuente: Elaboración propia

Figura 204. Alturas del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración



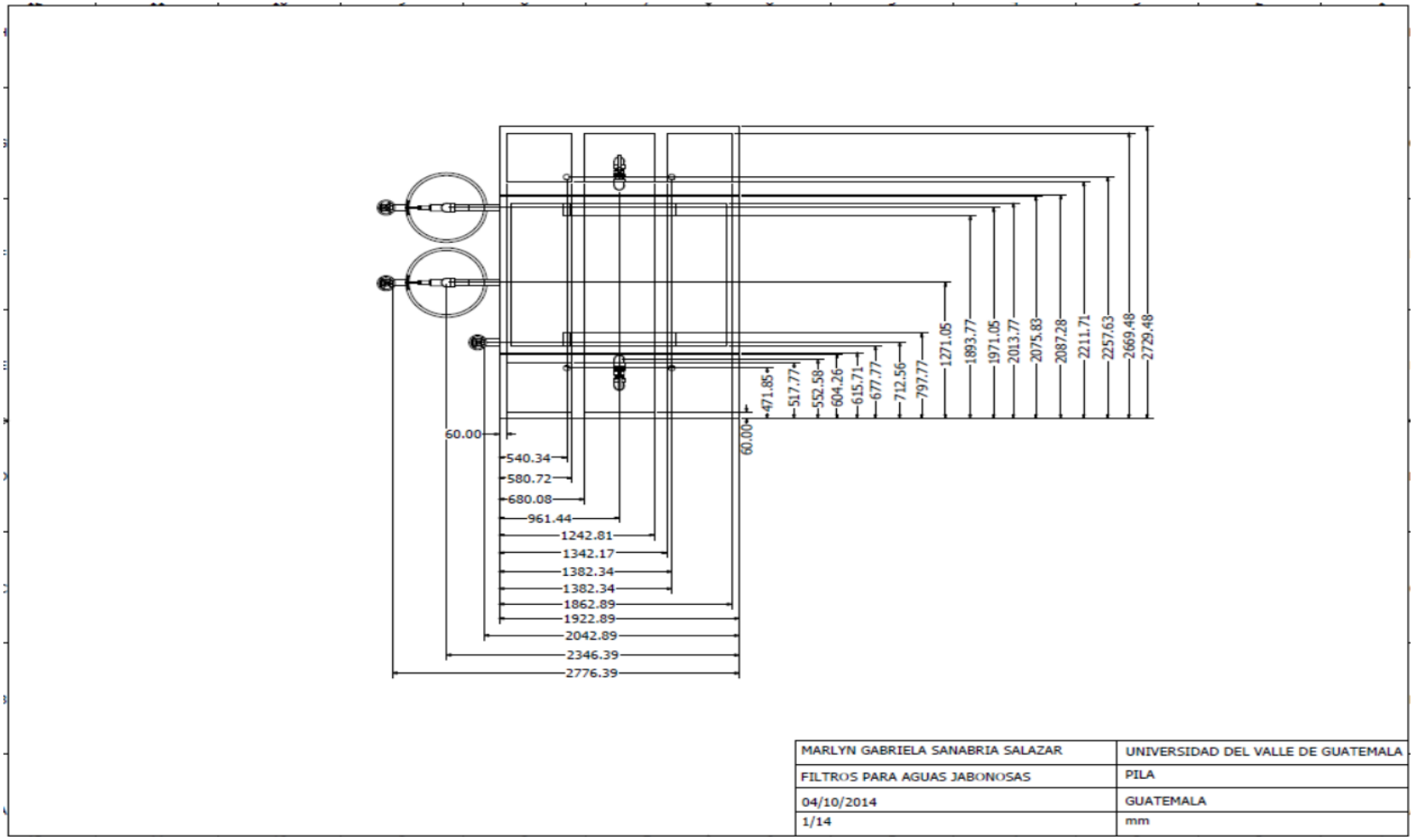
Fuente: Elaboración propia

Figura 205: Ancho del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración



Fuente: Elaboración propia

Figura 206: Largo del Pre-diseño de sistema de lavado y filtración



Fuente: Elaboración propia

Figura 207: Procedimiento para NO_3

Method 8171

NITRATE, Mid Range (0 to 5.0 mg/L NO_3^--N) For water, wastewater and seawater*

Cadmium Reduction Method (Using Powder Pillows or AccuVac Ampuls)

Using Powder Pillows

1. Enter the stored program number for medium range nitrate nitrogen using powder pillows.

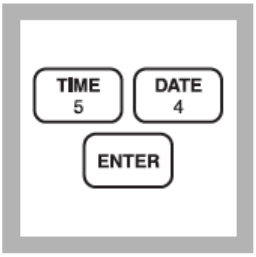
Press: **PRGM**

The display will show:

PRGM ?

Note: *For most accurate results, perform a Reagent Blank Correction using deionized water (see Section 1).*

Note: *Adjust the pH of stored samples before analysis.*

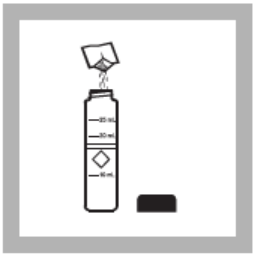


2. Press: **54 ENTER**

The display will show **mg/L, NO3-N** and the **ZERO** icon.

Note: For alternate form (NO_3), press the **CONC** *key.*

3. Fill two sample cells with 10 mL of sample each. One cell will be the prepared sample, the other is the blank. Set the blank aside.



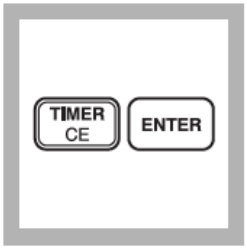
4. Add the contents of one NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow to one cell (the prepared sample). Cap the cell.

Note: *It is necessary to remove all the powder from the foil pouch by tapping repeatedly until no more powder comes out.*

Fuente: Manual HACH

Figura 208: Procedimiento para NO_3 continuación

NITRATE, Mid Range, continued



5. Press:

TIMER ENTER

A one-minute reaction period will begin. Shake the sample vigorously until the timer beeps.

Note: Shaking time and technique influence color development. Low results usually occur if shaking is not vigorous enough. For most accurate results, do successive tests on a standard solution and adjust the shaking time by ±1 minute to obtain the correct result. See the Accuracy Check section for more information.

6. After the timer beeps, the display will show:
5:00 TIMER 2

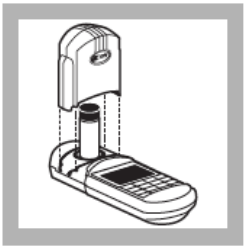
Press: **ENTER**

A five-minute reaction period will begin.

Note: A cadmium deposit will remain after the NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder dissolves and will not affect test results.

Note: An amber color will develop if nitrate nitrogen is present.

7. After the timer beeps, wipe off any liquid or fingerprints.



8. Place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

Fuente:Manual HACH

Figura 209: Procedimiento de $S0_4$

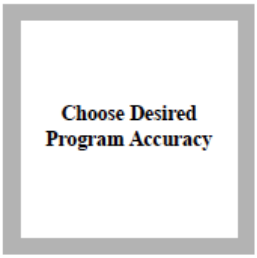
Method 8051

SULFATE (0 to 70 mg/L)

For water, wastewater, and seawater

SulfaVer 4 Method* (Powder Pillows or AccuVac Ampuls); USEPA accepted for reporting wastewater analysis**

Using Powder Pillows



1. A User-Entered Calibration is necessary to obtain the most accurate results. See the *User Calibration* section at the back of this procedure. Program 91 can be used for process control or applications where a high degree of accuracy is not needed.

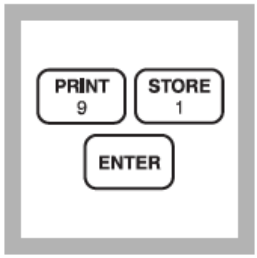
Note: The nature of turbidimetric tests and reagent lot variation requires user calibration for best results.

2. Enter the stored program number for sulfate (SO_4^{-}).

Press: **PRGM**

The display will show:

PRGM ?



3. Press: **91 ENTER** or the program number selected for a user-entered calibration.

The display will show **mg/L**, **SO4** and the **ZERO** icon.

4. Fill a clean sample cell with 10 mL of sample.

Note: Filter highly turbid or colored samples. Use filtered sample in this step and as the blank.

Fuente: Manual HACH

Figura 210: Procedimiento de $S0_4$ continuación

SULFATE, continued

5. Add the contents of one SulfaVer 4 Sulfate Reagent Powder Pillow to the sample cell (the prepared sample). Cap the cell and invert several times to mix.

***Note:** A white turbidity will develop if sulfate is present in the sample.*

***Note:** Accuracy is not affected by undissolved powder.*

6. Press:

TIMER ENTER

A 5-minute reaction period will begin.

Allow the cell to stand undisturbed.

7. After the timer beeps, fill a second sample cell with 10 mL of sample (the blank).

8. Place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

9. Press: **ZERO**

The cursor will move to the right, then the display will show:

0 mg/L SO4

10. Within five minutes after the timer beeps, place the prepared sample into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

11. Press: **READ**

The cursor will move to the right, then the result in mg/L sulfate will be displayed.

***Note:** If Program 91 is used, use of the Standard Adjust is highly recommended. See Accuracy Check.*

***Note:** Clean the sample cells with soap and a brush.*

Fuente: Manual HACH

Figura 211: Procedimiento de $P0_4$

Method 8048

PHOSPHORUS, REACTIVE (0 to 2.50 mg/L PO_4^{3-}) For water, wastewater, seawater

(Also called Orthophosphate) PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method*

(Powder Pillows or AccuVac Ampuls) **USEPA Accepted for wastewater analysis reporting****

Using Powder Pillows

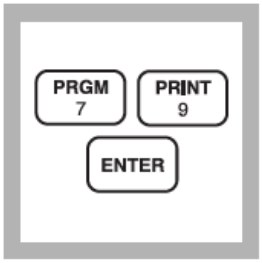
1. Enter the stored program number for reactive phosphorus, ascorbic acid method.

Press: **PRGM**

The display will show:

PRGM ?

Note: *For most accurate results, perform a Reagent Blank Correction using deionized water (see Section 1).*



2. Press: **79 ENTER**

The display will show **mg/L, PO4** and the **ZERO** icon.

Note: *For alternate forms (P, P_2O_5), press the* **CONC** *key.*

3. Fill a sample cell with 10 mL of sample.

Note: *For samples with extreme pH, see* Interferences *following these steps.*

Note: *Clean glassware with 1:1 HCl. Rinse again with deionized water. Do not use detergents containing phosphates to clean glassware.*

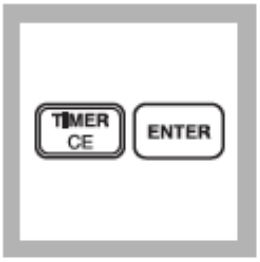
4. Add the contents of one PhosVer 3 Phosphate Powder Pillow for 10-mL sample to the cell (the prepared sample). Shake for 15 seconds.

Note: *A blue color will form if phosphate is present.*

Fuente: Manual HACH

Figura 212: Procedimiento de PO_4 continuación

PHOSPHORUS, REACTIVE, continued



5. Press:

TIMER ENTER

A two-minute reaction period will begin. Perform Steps 6-8 during this period.

***Note:** If the acid-persulfate digestion was used, an 8-10 minute reaction period is required.*

6. Fill another sample cell with 10 mL of sample (the blank).

7. Place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

8. Press: **ZERO**

The cursor will move to the right, then the display will show:

0.00 mg/L PO4

***Note:** If Reagent Blank Correction is on, the display may flash "limit". See Section 1.*

9. After the timer beeps, place the prepared sample into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

10. Press: **READ**

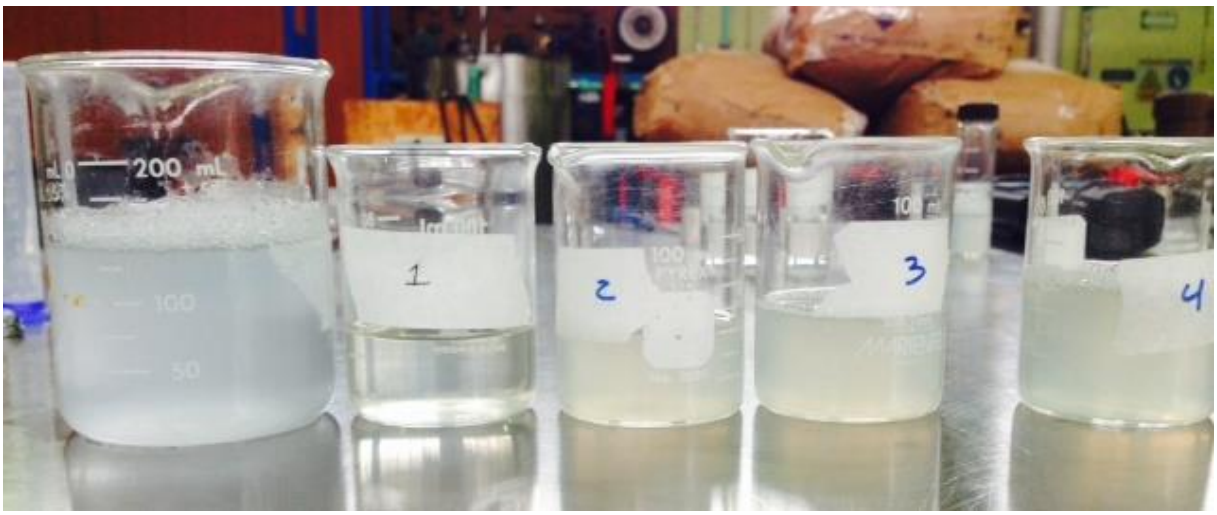
The cursor will move to the right, then the result in mg/L phosphate (PO_4^{3-}) will be displayed.

***Note:** Standard Adjust may be performed using a 2.0-mg/L PO_4^{3-} standard; see Section 1.*

Fuente: Manual HACH

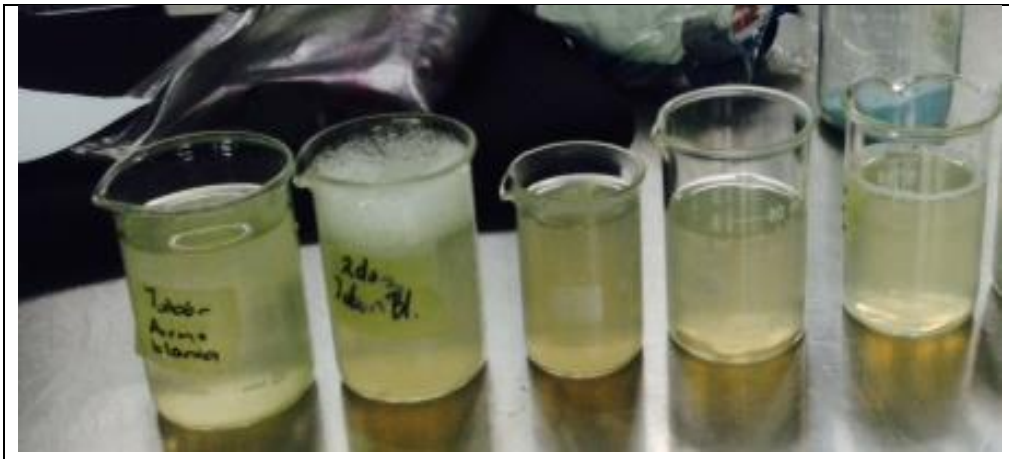
G. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DUCHAS CON UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA.

Figura 213: Agua filtrada prueba 1



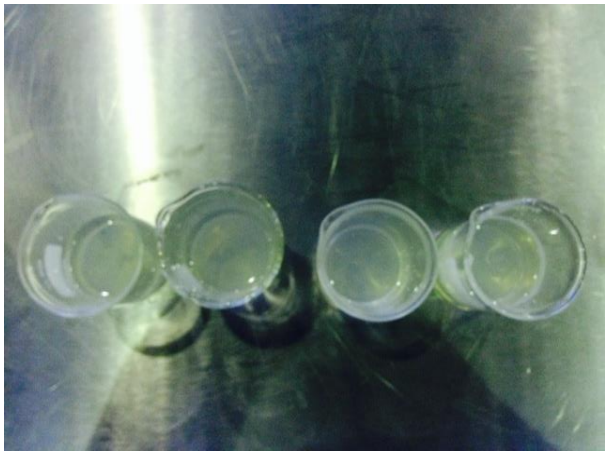
Fuente: Elaboración propia

Figura 214: Comparación de filtro con carbón vegetal y carbón activado

	Filtro con carbón vegetal
	Filtro con carbón activado

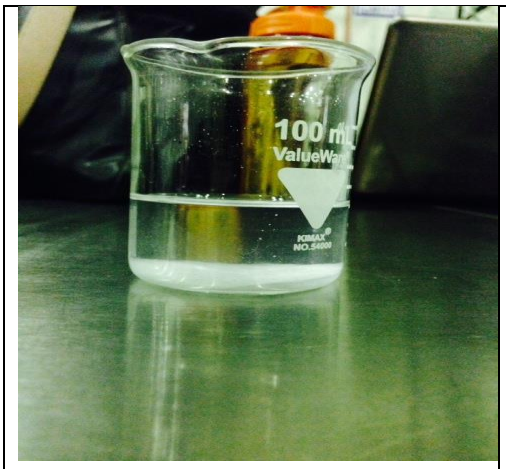
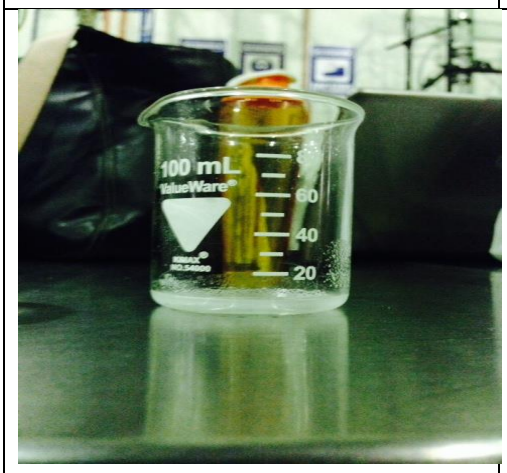
Fuente: Elaboración propia

Figura 215: Agua filtrada del filtro con mezcla carbón activado-vegetal

a	b
	

*a y b se refieren a diferentes vistas del resultado de agua filtrada; el agua filtrada mostro menor turbidez y no se se detecto presencia de burbujas. Fuente: Elaboración propia

Figura 216: Sólidos sedimentados

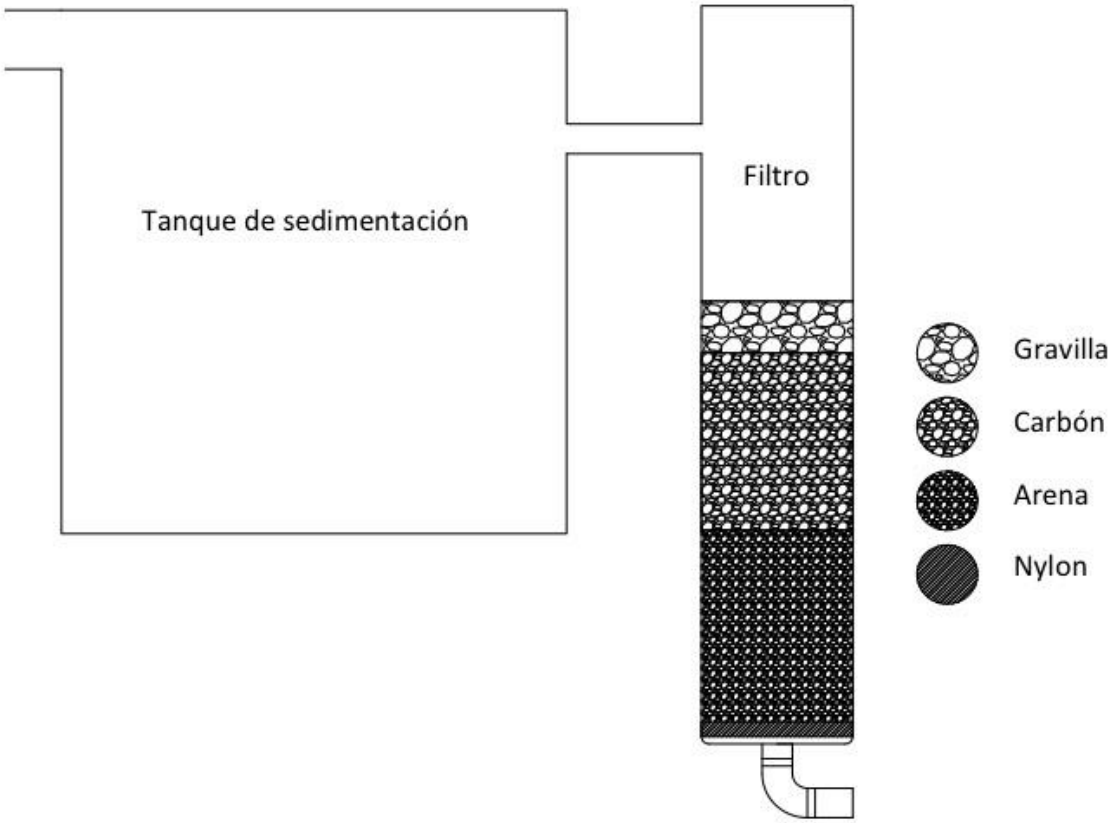
	Se observa que el detergente sedimenta luego de pasar más de 4 horas en reposo
	Los sólidos insolubles del detergente son los que le producen el color gris al detergente
	Al agitar el detergente los solidos quedan suspendidos provocando que la turbidez del liquido aumente

Fuente: Elaboración propia

Figura 217: Bombas Manual semirotativa tipo reloj Arven

Figura 218: Bomba a diafragma aspirante

Figura 219: Propuesta de filtro



Fuente: Elaboración propia

1. Cálculos de muestra

Calculo 1: Caudal

$$Q = uA = \frac{V}{t} \qquad \text{Ecuación 87}$$

Se utilizo la ecuación 87 para determinar el caudal de la tubería para el suministro de agua de las duchas y para conocer el caudal de los filtros.

$$Q = 1\frac{m}{s} * \frac{\pi}{4} * (0.0273)^2 = 0.0005853\frac{m^3}{s}$$

Ejemplo 1: Este calculo se obtuvo para calcular el caudal de la tubería para el suministro de aguas de las duchas(Ver tabla 21)

Calculo 2: Reynolds

$$Nre = \frac{VD\rho}{\mu} \qquad \text{Ecuación 88}$$

Se utilizo la ecuación 88 para determinar el comportamiento del flujo de la tubería para el suministro de agua.

$$Nre = \frac{1\frac{m}{s} * 0.0273m * 998\ Kg/m^2}{0.001029\ pa - s} = 26{,}477.55$$

Ejemplo 2: Este calculo se obtuvo para calcular el comportamiento del fluido en la tubería y con este determinar fanning (Ver Cuadro 286)

Calculo 3: Caída de presión

$$hfs = \left(\frac{4fL}{D} + Ke + Kc + Ke\right)\frac{u^2}{2g} \quad \text{Ecuación 89}$$

Se utilizo la ecuación 89 para conocer la caída de presión de la tubería para el suministro de aguas de las duchas.

$$hs = \left(\frac{4 * 0.0062 * 2.68m}{0.0273m} + 0 + 0 + (3 * 0.8 + 2)\right)\frac{\frac{1m^2}{s}}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 0.348mH2O$$

Ejemplo 3: Este calculo se utilizo para conocer la caída de presión en la cabeza de succión negativa.

Calculo 4: Cabeza de succión negativa

$$hs = hs + hfs \quad \text{Ecuación 90}$$

Se utiliza la ecuación para conocer la presión requerida para mover un liquido que se encuentra a una menor altura.

$$hs = -1 + (-0.348) = -1.348 mH2O$$

Ejemplo 4: Se calculo la cabeza de succión negativa de la tubería asumiendo que el agua se encuentra a 1 metro por debajo de la bomba.

Calculo 5: Cabeza estática de descarga

$$hd = hd - hfd \quad \text{Ecuación 91}$$

Se utiliza la ecuación para conocer la presión requerida para mover un liquido del punto A al punto B.

$$hd = 3.32 + 0.587 = 3.907 mH2O$$

Ejemplo 5: Se calculo la presión necesaria para subir el agua de la bomba hasta el tanque de abastecimiento de las duchas.

Calculo 6: Cabeza estática total

$$h = hd - hs \quad \text{Ecuación 92}$$

Se utiliza la ecuación 92 para el calculo de la presión total del sistema

$$h = 3.907 - (-1.348) = 5.256 m\ H2O$$

Ejemplo 6: Se calculo la presión total del sistema

Calculo 7: Potencia

$$w = \frac{\rho Q g h}{n} \quad \text{Ecuación 93}$$

La ecuación 93 se utiliza para conocer la potencia que necesita la bomba para mover el fluido del punto A al punto B

$$w = \frac{\frac{998 Kg}{m^3} * 0.0005853 \frac{m^3}{s} * \frac{9.81 m}{s^2} * 5.256 m}{n} = 30.11 watts$$

Ejemplo 7: Se calculo la potencia que necesita la bomba para mover el fluido de punto A al punto B asumiendo una eficiencia al 100%. Para ver otros casos de eficiencia ver cuadro 177

Calculo 8: Velocidad de filtrado

$$v = Q/A \qquad \text{Ecuación 94}$$

La ecuación 94 se utilizo para conocer la velocidad de filtrado y a partir de este dato conocer la permeabilidad encontrando la pendiente de los puntos encontrados a diferentes altura de agua.

$$v = \frac{\left(4.580 \pm 0.277 \frac{cm^3}{s}\right)}{88.08 \pm 0.42 cm^2} = 0.0520 \pm 0.0026 cm/s$$

Ejemplo 8: Los datos se sacaron de los Cuadros No. 302 y No. 303

Calculo 9: Calculo de la permeabilidad

$$K = \frac{1}{m} * L \quad \text{Ecuación 95}$$

La ecuación 95 nos permite conocer la permeabilidad del material y conocer si este es permeable o impermeable.

Primero se tabulan datos de velocidad ver Cuadro No. 308 y se realiza una sumatoria de la siguiente tabla.

Cuadro 279: Datos Tabulados para encontrar la pendiente de la regresión lineal

X	Y	XY	X^2
0.0520	10	0.519960234	0.0027
0.1026	20	2.051810055	0.0105
0.1471	30	4.413694469	0.0216
0.1764	40	7.055171246	0.0311
0.2269	50	11.34640822	0.0515
0.2488	60	14.9278286	0.0619
0.9538	210.0000	40.3149	0.1794

$$m = \frac{\sum xy - \sum xy/n}{\sum x^2 - \sum x^2/n} \qquad \text{Ecuación 96}$$

Se encuentra la pendiente de la ecuación 96

$$m = \frac{40.3149 - 40.3149/6}{0.1794 - 0.1794/6} = 249.75 \pm 0.49$$

Calculo 10: Área mínima requerida

$$A = Q/v \qquad \text{Ecuación 97}$$

La ecuación 97 se utilizo para conocer el área mínima a partir del caudal de entrada en onde se asumió 1m^3/dia.

$$v = \frac{\left(11.58\frac{cm^3}{s}\right)}{0.0520 \pm 0.0026\ cm/s} = 222.60 \pm 11.10 cm^2$$

Ejemplo 8: Los datos se sacaron del Cuadro No. 312

2. Análisis de error

Calculo 10: Incertidumbre en suma y resta

$$s = \sqrt{s_a^2 + s_b^2} \qquad \text{Ecuación 98}$$

Ejemplo 10: Encontrar la incertidumbre del porcentaje acumulado del cuadro 190

$$s = \sqrt{3.236_a^2 + 3.307_b^2 = \pm 5.495\%}$$

Calculo 11: Incertidumbre en multiplicación y división

$$s = c\sqrt{\frac{s_a^2}{a} + \frac{s_b^2}{b}} \qquad \text{Ecuación 99}$$

Ejemplo 11: Encontrar la incertidumbre de porcentaje de cada tamiz del cuadro 190

$$s = 11.328\% \sqrt{\frac{0.1_a^2}{115.5} + \frac{0.26_b^2}{1014.8}} = \pm 0.010\%$$

Calculo 12: Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{media})}{n}} \qquad \text{Ecuación 100}$$

Ejemplo 12: Se encontró la desviación estándar del Cuadro No. 303 del caudal

Cuadro 280: Promedio de caudal

n	Caudal(cm3/s)
1	4.74
2	4.32
3	4.68
Promedio	4.58

Se encuentra la media de los datos y se encuentra la sumatoria de la diferencia de la media con el dato original

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4.74-4.58)^2+(4.32-4.58)^2+(4.68-4.58)^2}{3}} = \pm 0.227 cm^3/s$$

Calculo 13: Error de la pendiente

$$Error = \frac{2b}{r}\sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}} \qquad \text{Ecuación 101}$$

Ejemplo 13: Para encontrar la incertidumbre de la pendiente del cuadro 310 en donde b=-4.70 y R=0.994

$$Error = \frac{2*(4.70)}{0.994}\sqrt{\frac{1-0.994^2}{6-2}} = \pm 0.490$$

3. Datos de referencia

Cuadro 281: Módulo sanitario renglón 1

Módulos	Módulo sanitarios				
Reglón No.	1	Cantidad	7.20	Unidad:	Metro L
Nombre	Armado y centrado de cimentación				

Descripción de materiales

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Varilla No, 3 legitimo	6.00	Unidad	Q21.63	Q129.78
Alambre de amarre	2.00	libra	Q6.25	Q12.50
Concereto 4000 psi	0.57	Metro 3	Q1,295.00	Q738.15
			Total	Q880.43

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Mano de obra de zanjeado	7.16	Metro L	Q30.00	Q214.80
Relleno de zanja	7.16	Metro L	Q15.00	Q107.40
Niveleación de terreno	2.10	Metro 2	Q12.00	Q25.20
Limpieza general	2.10	Metro 2	Q3.00	Q6.30
			Total	Q353.70

Costo directo (materiales + mano de obra)		Q1,234.13
Costos indirectos		Q-
Costo del renglón		Q1,234.13
Costo Unitario Total	Metro L	Q171.41

Fuente: Elaboración propia en base a consulta a Proyectos Adamah

Cuadro 282: Módulo sanitario renglón 2

Módulos	Módulo sanitarios				
Reglón No.	2	Cantidad	14.70	Unidad:	Metro L
Nombre	Levantado de muros				

Descripción de materiales

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Block 35Kg 0.14x0.19x0.39	200.00	Unidad	Q3.55	Q710.00
Pega Block	8.00	Sacos	Q45.00	Q360.00
Acero de refuerzo No. 3	15.00	Varilla	Q21.63	Q324.45
Acero de refuerzo No. 2	6.00	Varilla	Q9.38	Q56.28
Concreto 4,000 psi	0.42	metro 3	Q1,295.00	Q543.90
Alambre de amarre	5.00	Libras	Q6.25	Q31.25
Clavos	3.00	Libras	Q6.25	Q18.75
Madera de pino rustico	30.00	Pietablar	Q7.64	Q229.20
			Total	Q2,273.83

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Levantado de muros	14.70	metro L	Q90.00	Q1,323.00
			Total	Q1,323.00

Costo directo (materiales + mano de obra)	Q3,596.83
Costos Indirectos	Q-
Costo del renglon	Q3,596.83

Costo Unitario Total	Metro L	Q244.68

Fuente: Elaboración propia en base a consulta a Proyectos Adamah

Cuadro 283: Módulo sanitario renglón 3

Módulos	Módulo sanitarios			
Reglón No.	3	Cantidad	2.00	Unidad:
Nombre	Suministro e instalación de puertas			

Descripción de material

Consolidado de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Puerta de metal con pasador	2.00	unidad	Q1,200.00	Q2,400.00
			Total	Q2,400.00

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Puesta de puertas	2.00	Unidad	Q250.00	Q500.00
			Total	Q500.00

Costo directo (materiales + mano de obra)				Q2,900.00
Costos indirectos				Q-
Costo del renglón				Q2,900.00
Costo Unitario Total		Unidad		Q1,450.00

Fuente: Elaboración propia en base a consulta Proyectos Adamah

Cuadro 284: Módulo sanitario renglón 4

Módulos	Módulo sanitarios			
Reglón No.	4	Cantidad	2.10	Unidad:
Nombre	Losacero			

Descripción de material

Consolidad de material	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Losacero calibre 26 ondulada	2.10	Metro 2	Q45.00	Q94.50
Concereto esper 0.05	0.11	Metro 3	Q1,295.00	Q142.45
Costanera legítima	1.00	Unidad	Q50.00	Q50.00
Puntal telescopio	4.00	Unidad	Q8.50	Q34.00
Madera pino rústico	10.00	pietablar	Q7.64	Q76.40
Electromalla	2.10	Metro 2	Q9.72	Q20.41
			Total	Q417.76

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Mano de obra colocación y fundición de losa	2.10	Metro 2	Q350.00	Q735.00
			Total	Q735.00

Costo directo (materiales + mano de obra)				Q1,152.76
Costos indirectos				Q-
Costo del renglón				Q1,152.76
Costo Unitario Total		Metro 2		Q548.93

Fuente: Elaboración propia en base a consulta Proyectos Adamah

Cuadro 285: Módulo sanitario renglón 5

Módulos	Módulo sanitarios			
Reglón No.	5	Cantidad	2.10	Unidad:
Nombre	Piso de concreto			

Descripción de material

Consolidad de material	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Concreto espesor 0.10	0.21	Metro 2	Q1,295.00	Q271.95
			Total	Q271.95

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Mano de obra de piso de concreto	2.10	Metro 2	Q100.00	Q210.00
Limpieza general	2.10	Metro 2	Q3.00	Q6.30
			Total	Q216.30

Costo directo (materiales + mano de obra)				Q488.25
Costos indirectos				Q-
Costo del renglón				Q488.25
Costo Unitario Total		Metro 2		Q232.50

Fuente: Elaboración propia en base a consulta Proyectos Adamah

Cuadro 286: Módulo sanitario renglón 6

Módulos	Módulo sanitarios			
Reglón No.	6	Cantidad	1.00	Unidad:
Nombre	Suministro e instalación de agua potable			

Descripción de materiales

Consolidade de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Tuberia 1" pvc 250 psi	2.00	Unidad	Q47.00	Q94.00
Tuberia 1/2" pvc 350 psi	2.00	Unidad	Q19.50	Q39.00
Codo 1" pvc a 90°	6.00	Unidad	Q1.80	Q10.80
Codo 1/2" pvc a 90°	5.00	Unidad	Q0.85	Q4.25
Reducidor de 1" a 1/2"	3.00	Unidad	Q1.30	Q3.90
Coplas de 1" pvc	3.00	Unidad	Q0.90	Q2.70
Tee de 1/2" pvc	2.00	Unidad	Q1.15	Q2.30
Llave de globo de 1/2"	2.00	Unidad	Q57.00	Q114.00
Ducha regadera	2.00	Unidad	Q50.00	Q100.00
Tinaco 450 litros	1.00	Unidad	Q700.00	Q700.00
Pegamento Tangit	28.00	Unidad	Q5.50	Q154.00
			Total	Q1,224.95

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Mano de obra instalación de tubería pvc agua potable	1.00	Global	Q300.00	Q300.00
Instalación de tinaco	1.00	Global	Q400.00	Q400.00
			Total	Q700.00

Costo directo (materiales + mano de obra)	Q1,924.95
Costos indirectos	Q-
Costo del renglón	Q1,924.95

Costo Unitario Total	Unidad	Q2,138.83

Fuente: Elaboración propia en base a consulta Proyectos Adamah

Cuadro 287: Módulo sanitario renglón 7

Módulos	Módulo sanitarios			
Reglón No.	7	Cantidad	1.00	Unidad:
Nombre	Instalación de tuberías para descarga			

Descripción de materiales

Consolidade de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Tuberia 2" pvc 80psi drenaje	2.00	Unidad	Q50.00	Q100.00
Tuberia 4" pvc 80psi drenaje	2.00	Unidad	Q150.00	Q300.00
codo 2" pvc a 90	6.00	Unidad	Q6.00	Q36.00
codo 2" pvc a 45	5.00	Unidad	Q6.00	Q30.00
Pegamento Tangit	12.00	Unidad	Q5.50	Q66.00
			Total	Q532.00

Consolidado de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Mano de obra instalación de drenaje	1.00	Global	Q300.00	Q300.00
			Total	Q300.00

Costo directo (materiales + mano de obra)				Q832.00
Costos indirectos				Q-
Costo del renglón				Q832.00
Costo Unitario Total		Unidad		Q832.00

Fuente: Elaboración propia en base a consulta Proyectos Adamah

Cuadro 288: Estimación para el cálculo de potencia de la bomba

Estimación		
Velocidad	0.65	m/s
Densidad 21°C	998	Kg/m3
Densidad 21°C	0.001029	pa-s
Longitud	7	m
Altura	4	m
Diametro(REF)	1	in
DI	0.0273	m
Reynold	17210.40816	Turbulento
Caudal	0.000380477	m3/s
f	0.0062	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 289: Cabeza de succión negativa y cabeza de descarga del sistema de tuberías

Cabeza de succión negativa			Cabeza estatica de descarga		
hss	1.000	m H2O	hd	3.320	m H2O
hfs	0.348	m H2O	hfd	0.587	m H2O
Total	1.348	m H2O	Total	3.907	m H2O

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 290: Análisis granulométrico 1 de arena negra_1

Mesh Tyler	Muestra (g)	±	Porcentaje(%)	±	Acumulado(%)	±
< 20	219.4	0.1	19.105	0.014	100.000	0.020
20 - 30	254.4	0.1	22.153	0.014	80.895	0.021
30 - 45	327	0.1	28.474	0.015	58.743	0.020
45 - 60	175.1	0.1	15.247	0.013	30.268	0.018
60 - 80	108.7	0.1	9.465	0.013	15.021	0.018
80 - 100	21.4	0.1	1.863	0.012	5.556	0.017
> 100	42.4	0.1	3.692	0.012	3.692	0.012
Total	1148.4	0.4	100.000	0.036		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 291: Análisis granulométrico 2 de arena negra_1

Mesh Tyler	Muestra (g)	±	Porcentaje(%)	±	Acumulado(%)	±
< 20	216.1	0.1	18.834	0.014	100.000	0.020
20 - 30	250.3	0.1	21.815	0.014	81.166	0.021
30 - 45	321.6	0.1	28.029	0.015	59.352	0.020
45 - 60	173.9	0.1	15.156	0.013	31.323	0.018
60 - 80	112.1	0.1	9.770	0.013	16.167	0.018
80 - 100	20.2	0.1	1.761	0.012	6.397	0.018
> 100	53.2	0.1	4.637	0.012	4.637	0.012
Total	1147.4	0.4	100.000	0.036		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 292: Análisis granulométrico 3 de arena negra_1

Mesh Tyler	Muestra (g)	±	Porcentaje(%)	±	Acumulado(%)	±
< 20	214.4	0.1	18.707	0.014	100.000	0.020
20 - 30	248.2	0.1	21.656	0.014	81.293	0.021
30 - 45	318.8	0.1	27.816	0.015	59.637	0.020
45 - 60	172.8	0.1	15.077	0.013	31.821	0.018
60 - 80	112.9	0.1	9.851	0.013	16.744	0.018
80 - 100	20.7	0.1	1.806	0.012	6.893	0.018
> 100	58.3	0.1	5.087	0.012	5.087	0.012
Total	1146.1	0.4	100.000	0.036		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 293: Análisis granulométrico promedio de arena negra_1 promedio

Mesh Tyler	*Micro*m	Muestra (g)	±	Porcentaje(%)	±	Acumulado(%)	±
< 20		216.6	2.5	18.882	0.279	100.000	0.438
20 - 30	850	251.0	3.2	21.875	0.338	81.118	0.557
30 - 45	600	322.5	4.2	28.107	0.443	59.243	0.474
45 - 60	355	173.9	1.2	15.160	0.169	31.137	0.272
60 - 80	250	111.2	2.2	9.695	0.213	15.977	0.220
80 - 100	180	20.8	0.6	1.810	0.055	6.281	0.711
> 100	150	51.3	8.1	4.471	0.709	4.471	0.709
Total		1147.3	10.3	100			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 294: Análisis granulométrico 1 de arena negra_2

		Prueba 1			
Tyler	Microm	Muestra(g)	±	Porcentaje	±
X>100	150	115.5	0.1	11.382	0.010
100-80	180	14.5	0.1	1.429	0.010
80-60	250	182.9	0.1	18.023	0.011
60-45	355	128.6	0.1	12.672	0.010
45-30	600	199.8	0.1	19.689	0.011
30-20	850	111.5	0.1	10.987	0.010
<20		262	0.1	25.818	0.012
Total		1014.8	0.2	100	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 295: Análisis granulométrico 2 de arena negra_2

		Prueba 2		15 min	
Tyler	Microm	Muestra(g)	±	Porcentaje	±
X>100	150	44.5	0.1	5.926	0.013
100-80	180	20.9	0.1	2.783	0.013
80-60	250	75.7	0.1	10.081	0.014
60-45	355	93.4	0.1	12.438	0.014
45-30	600	210.4	0.1	28.020	0.017
30-20	850	116.7	0.1	15.541	0.014
<20		189.3	0.1	25.210	0.016
Total		750.9	0.2	100	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 296: Análisis granulométrico 3 de arena negra_2

		Prueba 3		15 min	
Tyler	Microm	Muestra(g)	±	Porcentaje	±
X>100	150	57.7	0.1	5.639	0.010
100-80	180	19.7	0.1	1.925	0.010
80-60	250	110.7	0.1	10.819	0.010
60-45	355	168.7	0.1	16.487	0.011
45-30	600	312.9	0.1	30.581	0.013
30-20	850	143.2	0.1	13.995	0.010
<20		210.3	0.1	20.553	0.011
Total		1023.2	0.264575131	100	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 297: Análisis granulométrico promedio de arena negra_2

Tyler	Microm	Porcentaje	±	Acumulado	±
X>100	150	5.783	3.236	5.783	3.236
100-80	180	2.354	0.685	8.137	3.307
80-60	250	10.450	4.388	18.587	5.495
60-45	355	14.463	2.273	33.050	5.946
45-30	600	29.300	5.695	62.350	8.234
30-20	850	14.768	2.316	77.119	8.553
<20		23.860	2.880	100.979	9.025

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 298: Análisis granulométrico gravilla

Mesh Tyler	Muestra	±	Porcentaje	±	Acumulado	±
1 1/2	0	0.14	0.00	0.00	100.00	42.89
1	0	0.14	0.00	0.00	100.00	42.89
3/4	0	0.14	0.00	0.00	100.00	42.89
1/2	0	0.14	0.00	0.00	100.00	42.89
3/8	0.02	0.14	2.00	14.16	100.00	42.89
4	0.94	0.14	94.00	37.91	98.00	40.48
>4	0.04	0.14	4.00	14.22	4.00	14.22
Total	1	0.37	100			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 299: Análisis granulométrico 1 carbón_1

Mesh Tyler	mm	Muestra	±	Porcentaje	±	Acumulado	±
1 1/2		0	0.14	0.00	0.00	100.00	26.72
1	37.50	0.01	0.14	1.89	26.72	100.00	38.13
3/4	25.00	0.04	0.14	7.55	27.21	98.11	42.43
1/2	19.00	0.14	0.14	26.42	32.55	90.57	47.18
3/8	12.50	0.16	0.14	30.19	34.15	64.15	46.19
4	9.50	0.12	0.14	22.64	31.10	33.96	41.75
>4	4.75	0.06	0.14	11.32	27.85	11.32	27.85
Total		0.53	0.37	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 300: Análisis granulométrico 2 carbón_1

Mesh Tyler	mm	Muestra	±	Porcentaje	±	Acumulado	±
1 1/2		0.02	0.14	3.77	2.66	100.00	26.84
1	37.50	0.01	0.14	1.89	26.72	96.23	37.85
3/4	25.00	0.02	0.14	3.77	26.82	94.34	42.17
1/2	19.00	0.14	0.14	26.42	32.55	90.57	47.18
3/8	12.50	0.16	0.14	30.19	34.15	64.15	46.19
4	9.50	0.12	0.14	22.64	31.10	33.96	41.75
>4	4.75	0.06	0.14	11.32	27.85	11.32	27.85
Total		0.53	0.37	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 301: Análisis granulométrico carbón_1 promedio

Mesh Tyler	mm	Porcentaje	±	Acumulado	±
1 1/2		1.887	2.668	100.000	2.668
1	37.50	1.887	0.000	98.113	2.668
3/4	25.00	5.660	2.668	96.226	2.668
1/2	19.00	26.415	0.000	90.566	0.000
3/8	12.50	30.189	0.000	64.151	0.000
4	9.50	22.642	0.000	33.962	0.000
>4	4.75	11.321	0.000	11.321	0.000
Total		100			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 302: Análisis granulométrico carbón_2 promedio

mm	Muestra (g)	±	Porcentaje (%)	±	% Ac.	±
	266.5	0.10	13.96	0.1	13.96	0.007164618
1.7	432.3	0.10	22.64	0.1	36.60	0.00441635
4.75	641.6	0.10	33.61	0.1	70.21	0.00297908
9.5	437.4	0.10	22.91	0.1	93.12	0.004364655
12.5	131.3	0.10	6.88	0.1	100.00	0.014539985
TOTAL	1909.1	0.22				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 303: Uniformidad de diferentes materiales

Material	TE/d10%	d60%	CU	CU<3
Carbon_1 (mm)	4.75	12.5	2.63	Uniforme
Carbon_2(mm)	1.7	4.75	2.79	Uniforme
Arena Negra_1 (Mm)	250	600	2.40	Uniforme
Arena Negra_2(Mm)	180	600	3.33	No uniforme

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 304: Datos del filtro escala laboratorio

Filtro laboratorio			
Diametro(cm)	10.59	±	0.05
Area(cm2)	88.08	±	0.42

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 305: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2

Lecho(cm)		10	
Tiempo(s)	±	Caudal(cm^3/s)	±
42.19	0.01	4.74	0.47
46.30	0.01	4.32	0.43
42.74	0.01	4.68	0.47
21.26	0.01	9.41	0.94
22.18	0.01	9.02	0.90
23.03	0.01	8.68	0.87
15.15	0.01	13.20	1.32
15.29	0.01	13.08	1.31
15.88	0.01	12.59	1.26
12.75	0.01	15.69	1.57
12.61	0.01	15.86	1.59
13.28	0.01	15.06	1.51
9.90	0.01	20.20	2.02
9.75	0.01	20.51	2.05
10.39	0.01	19.25	1.93
9.05	0.01	22.10	2.21
8.96	0.01	22.32	2.23
9.38	0.01	21.32	2.13

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 306: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2

Lecho(cm)		15	
Tiempo(s)	±	Caudal(cm^3/s)	±
49.40	0.01	4.05	0.40
57.84	0.01	3.46	0.35
51.31	0.01	3.90	0.39
37.83	0.01	5.29	0.53
35.10	0.01	5.70	0.57
36.21	0.01	5.52	0.55
26.01	0.01	7.69	0.77
24.20	0.01	8.26	0.83
25.28	0.01	7.91	0.79
20.71	0.01	9.66	0.97
20.88	0.01	9.58	0.96
20.43	0.01	9.79	0.98
16.43	0.01	12.17	1.22
17.88	0.01	11.19	1.12
16.83	0.01	11.88	1.19
14.16	0.01	14.12	1.41
14.38	0.01	13.91	1.39
14.04	0.01	14.25	1.42

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 307: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2

Lecho(cm)		20	
Tiempo(s)	±	Caudal(cm^3/s)	±
60.31	0.01	3.32	0.33
58.98	0.01	3.39	0.34
57.64	0.01	3.47	0.35
16.46	0.01	6.08	1.22
17.08	0.01	5.85	1.17
17.60	0.01	5.68	1.14
11.90	0.01	8.40	1.68
11.86	0.01	8.43	1.69
12.38	0.01	8.08	1.62
10.46	0.01	9.56	1.91
10.59	0.01	9.44	1.89
9.14	0.01	10.94	2.19
8.93	0.01	11.20	2.24
8.13	0.01	12.30	2.46
8.23	0.01	12.15	2.43

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 308: Caudal de filtro con lecho de arena negra_2

Lecho(cm)		30	
Tiempo(s)	±	Caudal(cm^3/s)	±
28.09	0.01	3.56	0.71
28.31	0.01	3.53	0.71
27.10	0.01	3.69	0.74
20.25	0.01	4.94	0.99
22.29	0.01	4.49	0.90
21.35	0.01	4.68	0.94
18.36	0.01	5.45	1.09
18.01	0.01	5.55	1.11
17.86	0.01	5.60	1.12
14.06	0.01	7.11	1.42
15.31	0.01	6.53	1.31
14.04	0.01	7.12	1.42

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 309: Caudales promedios a diferente espesor de lecho de arena negra_2

Lecho 10cm		Lecho 15cm		Lecho 20cm		Lecho 30cm			
$Q(cm^3/s)$	±	$Q(cm^3/s)$	±	$Q(cm^3/s)$	±	$Q(cm^3/s)$	±	H(cm)	±
4.580	0.227							10	0.05
		3.801	0.307					15	0.05
9.036	0.362	5.503	0.206	3.392	0.077			20	0.05
12.959	0.321	7.955	0.290	5.871	0.197	3.594	0.084	30	0.05
15.536	0.421	9.675	0.107	8.304	0.197	4.703	0.227	40	0.05
19.988	0.658	11.747	0.507	9.981	0.833	5.533	0.016	50	0.05
21.914	0.525	14.093	0.171	11.883	0.598	6.922	0.068	60	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 310: Velocidad de filtrado a diferentes espesor de lecho de arena negra_2

Lecho 10cm		Lecho 15cm		Lecho 20cm		Lecho 30cm			
Vf(cm/s)	±	Vf(cm/s)	±	Vf(cm/s)	±	Vf(cm/s)	±	H(cm)	±
0.0520	0.0026							10	0.05
		0.0432	0.0035					15	0.05
0.1026	0.0041	0.0625	0.0024	0.0385	0.0009			20	0.05
0.1471	0.0037	0.0903	0.0033	0.0667	0.0023	0.0408	0.0010	30	0.05
0.1764	0.0048	0.1098	0.0013	0.0943	0.0023	0.0534	0.0026	40	0.05
0.2269	0.0076	0.1334	0.0058	0.1133	0.0095	0.0628	0.0003	50	0.05
0.2488	0.0061	0.1600	0.0021	0.1349	0.0068	0.0786	0.0009	60	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 311: Especificaciones de la bomba semirotativa tipo reloj

Diametro	Caudal Lts/min	Presion (PSI)	Succión(mts)	Descarga(mts)
1/2"	11.50	36	7	20
3/4"	17.25	36	7	20
1"	22.50	36	7	20
1 1/4"	29.00	36	7	20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 312: Área mínima del filtro

Vf(cm/s)	±	Area(cm2)	±
0.0520	0.0026	222.60	11.10
0.1026	0.0041	112.82	4.55
0.1471	0.0037	78.67	1.99
0.1764	0.0048	65.62	1.80
0.2269	0.0076	51.00	1.70
0.2488	0.0061	46.52	1.14

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 313: Comparación de dimensiones

Dimensiones			
Aristas	±	Diametro(cm)	±
14.920	0.744124616	4.358	0.217381058
10.622	0.428321316	3.677	0.148296183
8.870	0.223807436	3.361	0.084796565
8.101	0.222734503	3.212	0.08830451
7.142	0.237644249	3.015	0.100342035
6.821	0.166492034	2.947	0.071934678

Fuente: Elaboración propia

H. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Cuadro 314: Presupuesto de materiales para captación de brote definido

Captación de brote definido (1)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Codo 4" *90° PVC campana cementada	Unidad	4	Q98.20	Q392.80
1.02	Niple 4" 0.75m HG Tipo Liviano	Unidad	2	Q151.70	Q303.40
1.03	Tee 4" PVC de campana cementada	Unidad	1	Q208.75	Q208.75
1.04	Adaptador Macho 2" PVC	Unidad	5	Q11.00	Q55.00
1.05	Tubo de 2"PVC 160 PSI ASTM D2241	Unidad	1	Q167.00	Q167.00
1.06	Tapon Hembra de 6" PVC	Unidad	1	Q287.60	Q287.60
1.07	Reducidor Bushing c/rosca de 6" a 4" PVC	Unidad	1	Q292.50	Q292.50
1.08	Válvula de Compuerta 4" Br	Unidad	2	Q1,130.00	Q2,260.00
	Sub Total				**Q3,967.05**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Alambre de amarre cal. 16	Lb	9	Q7.50	Q67.50
2.02	Candado para intemperie de 60mm	Unidad	5	Q165.50	Q827.50
2.03	Cemento gris	Saco	60	Q76.55	Q4,593.00
2.04	Clavo de 3	Lb	4	Q7.00	Q28.00
2.05	Hierro corrugado de 3/8 Grado 40	Varilla	45	Q35.65	Q1,604.25
2.06	Alambre espigado	Rollo	3	Q350.95	Q1,052.85
2.07	Grapa	Libra	9	Q8.75	Q78.75
	Sub Total				**Q8,251.85**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Piedra bola de 6" – 10"	m3	12	Q175.00	Q2,100.00
3.02	Poste brotón	Unidad	30	Q30.00	Q900.00
3.03	Grava de 3"	m3	3	Q170.00	Q510.00
3.04	Grava de 1/2"	m3	6	Q165.00	Q990.00
3.05	Piedrin	m3	4	Q230.00	Q920.00
3.06	Madera para formaleta	Pt	220	Q7.50	Q1,650.00
3.07	Arena de rio	m3	5	Q145.00	Q725.00
	Sub Total				**Q7,795.00**
				Total de Materiales	**Q20,013.90**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	40	Q125.00	Q5,000.00
4.02	No Calificada	Jornal	40	Q70.00	Q2,800.00
4.03	Acarreo de Materiales	Jornal	130	Q70.00	Q9,100.00
				Total mano de obra	**Q16,900.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q36,913.90**

Fuente:Elaboración propia

Cuadro315: Presupuesto de materiales para caja rompe presión

CAJA CROMPE PRESION (3)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Tubo de 2”PVC 160 PSI ASTM D2241	Unidad	3	Q167.00	Q501.00
1.02	Adaptador Macho de 3/4” PVC	Unidad	2	Q2.70	Q5.40
1.03	Adaptador Macho de 1 1/2” PVC	Unidad	4	Q7.60	Q30.40
1.04	Adaptador Macho de 1” PVC	Unidad	6	Q5.60	Q33.60
1.05	Válvula de Compuerta de 1 1/2” Br	Unidad	1	Q190.00	Q190.00
1.06	Válvula de Compuerta de3/4” Br	Unidad	1	Q80.00	Q80.00
1.07	Válvula de Compuerta de 1” Br	Unidad	1	Q120.00	Q120.00
1.08	Codo de 2” 90° PVC	Unidad	9	Q15.90	Q143.10
1.09	Tee de 2” PVC	Unidad	3	Q53.70	Q161.10
1.1	Codo de 1 1/2” 90° PVC	Unidad	3	Q22.70	Q68.10
1.11	Codo de 3/4” 90 PVC	Unidad	3	Q8.30	Q24.90
1.12	Codo de 1” 90 PVC	Unidad	3	Q10.30	Q30.90
1.13	Tapón Hembra de 3” PVC	Unidad	3	Q51.20	Q153.60
1.14	Reducidor Bushing c/rosca de 3” a 1”	Unidad	2	Q60.70	Q121.40
1.15	Reducidor Bushing c/rosca de 3” a 1 1/2”	Unidad	1	Q60.70	Q60.70
1.16	Válvula de Pila 2” Br	Unidad	2	Q105.25	Q210.50
	Sub Total				**Q1,934.70**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	35	Q76.55	Q2,679.25
2.02	Clavo de 3”	Lb.	9	Q7.00	Q63.00
2.03	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	9	Q7.50	Q67.50
2.04	Hierro corrugado de 3/8” Grado 40	Varilla	16	Q35.65	Q570.40
2.05	Candado para interperie de 60mm	Unidad	4	Q165.50	Q662.00
2.06	Alambre espigado	Rollo	1	Q350.95	Q350.95
2.07	Grapa	Lb.	2	Q8.75	Q17.50
	Sub Total				**Q4,410.60**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	2.4	Q145.00	Q348.00
3.02	Piedrin	m3	1	Q230.00	Q230.00
3.03	Piedra bola de 2”- 4”	m3	4	Q175.00	Q700.00
3.04	Madera para formaleta	Pt.	50	Q7.50	Q375.00
3.05	Poste brotón	Unidad	18	Q30.00	Q540.00
	Sub Total				**Q2,193.00**
				Total de Materiales	**Q8,538.30**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	30	Q125.00	Q3,750.00
4.02	No Calificada	Jornal	45	Q70.00	Q3,150.00
4.03	Acarreo de Materiales	Jornal	70	Q70.00	Q4,900.00
				Total mano de obra	**Q11,800.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q20,338.30**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 316: Presupuesto de materiales para línea de conducción

LINEA DE CONDUCCION (2,410m)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Tubo de 3" PVC 160 PSI	Unidad	100	Q364.00	Q36,400.00
1.02	Tubo de 1 1/2" PVC 160 PSI	Unidad	219	Q121.00	Q26,499.00
1.03	Tubo de 1" PVC 160 PSI	Unidad	41	Q70.00	Q2,870.00
1.04	Tubo de 1" PVC 250 PSI	Unidad	20	Q80.00	Q1,600.00
1.05	Tubo de 3/4" PVC 250 PSI	Unidad	18	Q51.00	Q918.00
1.06	Tubo de 1 1/2"HG Cédula 30	Unidad	4	Q555.38	Q2,221.52
1.07	Reducidor Bushing 3" a 1 1/2" PVC	Unidad	1	Q53.70	Q53.70
1.08	Reducidor Bushing 1 1/2" a 1" PVC	Unidad	2	Q8.20	Q16.40
1.09	Reducidor Bushing 1" a 3/4" PVC	Unidad	1	Q4.00	Q4.00
1.1	Codo de 3" *45 PVC	Unidad	1	Q82.90	Q82.90
1.11	Codo de 1 1/2" *45 PVC	Unidad	1	Q14.60	Q14.60
1.12	Codo de 1" *45 PVC	Unidad	4	Q8.80	Q35.20
1.13	Codo de 3/4" *45 PVC	Unidad	1	Q6.80	Q6.80
	Sub-Total				**Q70,722.12**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento solvente	1/4 Gl	5	Q297.75	Q1,488.75
2.02	Permatex pomo 170 gr.	Unidad	2	Q78.00	Q156.00
2.03	wipe	Lb.	9	Q15.00	Q135.00
2.04	Thiner	Gl	2	Q69.00	Q138.00
	Sub-Total				**Q1,917.75**
				Total de Materiales	**Q72,639.87**
3	**MANO DE OBRA**				
3.01	Calificada (Colocación de tuberia)	Jornal	60	Q125.00	Q7,500.00
3.02	No Calificada (Colocación de tuberia)	Jornal	25	Q70.00	Q1,750.00
3.03	No Calificada (Excavación)	Jornal	210	Q70.00	Q14,700.00
3.04	No Calificada (Relleno)	Jornal	170	Q70.00	Q11,900.00
3.05	Acarreo de Material	Jornal	100	Q70.00	Q7,000.00
				Total Mano de Obra	**Q42,850.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q115,489.87**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 317: Presupuesto de materiales para válvulas de limpieza

VALVULAS DE LIMPIEZA (3)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Tee de 3” PVC	Unidad	1	Q91.30	Q91.30
1.02	Tee de 1 1/2” PVC	Unidad	2	Q44.60	Q89.20
1.03	Tubo de 2” PVC 160 PSI	Unidad	2	Q167.00	Q334.00
1.04	Reducidor Bushing de 3” a 2” PVC	Unidad	1	Q60.70	Q60.70
1.05	Reducidor Bushing de 2” a 1 1/2” PVC	Unidad	2	Q41.70	Q83.40
1.06	Adaptador macho de 2” PVC	Unidad	6	Q11.00	Q66.00
1.07	Falnge 2” PVC	Unidad	3	Q191.50	Q574.50
1.08	Válvula de compuerta de 2” Br.	Unidad	3	Q280.00	Q840.00
	Sub-Total				**Q2,139.10**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	5	Q7.50	Q37.50
2.02	Cemento gris	Saco	6	Q76.55	Q459.30
2.03	Clavo de 3”	Lb.	5	Q7.00	Q35.00
2.04	Hierro corrugado de 3/8” Grado 40	Varilla	12	Q35.65	Q427.80
2.05	Candado para interperie de 60mm.	Unidad	3	Q165.50	Q496.50
2.06	Permatex pomo de 170 gr.	Unidad	4	Q78.00	Q312.00
	Sub-Total				**Q1,768.10**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	0.5	Q145.00	Q72.50
3.02	Piedrin	m3	0.5	Q230.00	Q115.00
3.03	Madera para formaleta	Pt.	18	Q7.50	Q135.00
					Q322.50
				Total de Materiales	**Q4,229.70**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	12	Q125.00	Q1,500.00
4.02	No calificada	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
4.03	Acarreo de materiales	Jornal	16	Q70.00	Q1,120.00
				Total mano de obra	**Q3,320.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q7,549.70**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 318: Presupuesto de materiales para válvulas de aire

VALVULAS DE AIRE (5)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Adaptador Hembra de 1/2”	Unidad	5	Q2.70	Q13.50
1.02	Niple HG 1/2” x 0.15m	Unidad	10	Q9.12	Q91.20
1.03	Adaptador macho de 1/2”	Unidad	10	Q1.70	Q17.00
1.04	Válvula de Compuerta de 1/2” Br	Unidad	5	Q60.00	Q300.00
1.05	Tee reductora de 3” a 3/4” PVC	Unidad	1	Q166.10	Q166.10
1.06	Tee reductora de 1 1/2” a 1/2” PVC	Unidad	4	Q27.70	Q110.80
1.07	Válvula de aire de 3/4” Br.	Unidad	1	Q557.84	Q557.84
1.07	Válvula de aire de 1/2” Br.	Unidad	4	Q548.95	Q2,195.80
	Sub-Total				**Q3,452.24**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	5	Q7.50	Q37.50
2.02	Cemento gris	Saco	3	Q76.55	Q229.65
2.03	Clavo de 3”	Lb.	3	Q7.00	Q21.00
2.04	Hierro corrugado de 3/8” Grado 40	Varilla	9	Q35.65	Q320.85
2.05	Candado para interperie de 60mm.	Unidad	5	Q165.50	Q827.50
	Sub-Total				**Q1,436.50**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	0.5	Q145.00	Q72.50
3.02	Piedrin	m3	0.5	Q230.00	Q115.00
3.03	Madera para formaleta	Pt.	19	Q7.50	Q142.50
					Q330.00
				Total de Materiales	**Q5,218.74**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	20	Q125.00	Q2,500.00
4.02	No calificada	Jornal	24	Q70.00	Q1,680.00
4.03	Acarreo de materiales	Jornal	20	Q70.00	Q1,400.00
				Total mano de obra	**Q5,580.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q10,798.74**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 319: Presupuesto de materiales para paso de zanjón

PASO DE ZANJÓN (3)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Codo de 2” a 45° PVC	Unidad	2	Q18.70	Q37.40
1.02	Codo de 1” a 45° PVC	Unidad	6	Q8.80	Q52.80
	Sub-Total				**Q90.20**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	45	Q76.55	Q3,444.75
2.02	Alambre de amarre cal. 16	Lb	9	Q7.50	Q67.50
2.03	Hierro corrugado de 3/8 Grado 40	Varilla	20	Q35.65	Q713.00
2.04	Hierro corrugado de 1/2” Grado 40	Varilla	18	Q65.33	Q1,175.94
	Sub-Total				**Q5,401.19**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m^3	2.5	Q145.00	Q362.50
3.02	Piedrin	m^3	3.5	Q230.00	Q805.00
	Sub-Total				**Q1,167.50**
				Total de Materiales	**Q6,658.89**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	40	Q125.00	Q5,000.00
4.02	No Calificada	Jornal	30	Q70.00	Q2,100.00
4.03	Acarreo de Material	Jornal	120	Q60.00	Q7,200.00
				Total mano de obra	**Q14,300.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q20,958.89**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 320: Presupuesto de materiales para puente colgante de 20m

PUENTE COLGANTE DE 20 MTS.					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Unión Universal de 2” HG	Unidad	2	Q118.35	Q236.70
1.02	Adaptador Hembra de 2” PVC	Unidad	2	Q10.10	Q20.20
	Sub-Total				**Q256.90**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	60	Q76.55	Q4,593.00
2.02	Clavo de 3”	Lb.	6	Q7.00	Q42.00
2.03	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	12	Q7.50	Q90.00
2.04	Hierro corrugado de 3/8” Grado 40	Varilla	10	Q35.65	Q356.50
2.05	Hierro corrugado de 1/2” Grado 40	Varilla	16	Q65.33	Q1,045.28
2.06	Hierro corrugado de 3/4” Grado 40	Varilla	4	Q153.84	Q615.36
2.07	Tensor de 5/8”	Unidad	1	Q112.68	Q112.68
2.08	Cadena de 3/8”	M	1	Q74.50	Q74.50
2.09	Guardacabo de 5/8”	Unidad	2	Q2.84	Q5.68
2.1	Mordazas de 3/8”	Unidad	69	Q15.27	Q1,053.63
2.11	Polea de 4” c/cojinete	Unidad	2	Q157.00	Q314.00
2.12	Cable de acero de 3/8”	M	45	Q42.95	Q1,932.75
2.13	Candado para intemperie de 60mm	Unidad	1	Q165.50	Q165.50
	Sub-Total				**Q10,400.88**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m^3	4	Q145.00	Q580.00
3.02	Piedra bola de 4”	m^3	8	Q175.00	Q1,400.00
3.03	Piedrin	m^3	1	Q230.00	Q230.00
3.04	Madera para formaleta	Pt.	150	Q7.50	Q1,125.00
	Sub-Total				**Q3,335.00**
				Total de Materiales	**Q13,992.78**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	18	Q125.00	Q2,250.00
4.02	Ayudante de albañil	Jornal	20	Q70.00	Q1,400.00
4.03	Ayudante de albañil (Excavación)	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
4.04	Acarreo de Materiales	Jornal	110	Q70.00	Q7,700.00
				Total Mano de Obra	**Q12,050.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q26,042.78**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 321: Presupuesto de materiales para puente colgante de 40m

PUENTE COLGANTE DE 40 MTS.					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Unión Universal de 2” HG	Unidad	4	Q118.35	Q473.40
1.02	Adaptador Hembra de 2” PVC	Unidad	4	Q10.10	Q40.40
	Sub-Total				**Q513.80**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	70	Q76.55	Q5,358.50
2.02	Clavo de 3	Lb.	6	Q7.00	Q42.00
2.03	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	15	Q7.50	Q112.50
2.04	Hierro corrugado de 3/8” Grado 40	Varilla	10	Q35.65	Q356.50
2.05	Hierro corrugado de 1/2” Grado 40	Varilla	3	Q65.33	Q195.99
2.06	Hierro corrugado de 3/4” Grado 40	Varilla	4	Q153.84	Q615.36
2.07	Tensor de 5/8”	Unidad	2	Q162.35	Q324.70
2.08	Cadena de 3/8”	M	2	Q74.50	Q149.00
2.09	Guardacabo de 5/8”	Unidad	4	Q41.65	Q166.60
2.1	Mordaza de 3/8”	Unidad	108	Q15.27	Q1,649.16
2.11	Mordaza de 1/2”	Unidad	30	Q35.75	Q1,072.50
2.12	Polea de 4” c/cojinete	Unidad	2	Q157.00	Q314.00
2.13	Cable de acero de 1/2” de 6*19hilos	M	110	Q44.65	Q4,911.50
2.14	Cable de acero de 3/8”	M	40	Q42.95	Q1,718.00
2.15	Candado para intemperie de 60mm	Unidad	2	Q165.50	Q331.00
	Sub-Total				**Q17,317.31**
3	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	5	Q145.00	Q725.00
3.02	Piedra bola de 4”	m3	9	Q175.00	Q1,575.00
3.03	Piedrin	m3	1	Q230.00	Q230.00
3.04	Tabla de pino rústica 1” *12”*10´	Pt	128	Q7.50	Q960.00
	Sub-Total				**Q3,490.00**
				Total de Materiales	**Q21,321.11**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	20	Q125.00	Q2,500.00
4.02	Ayudante de Albañil	Jornal	22	Q70.00	Q1,540.00
4.03	Ayudante de Albañil	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
4.04	Acarreo de Material	Jornal	120	Q70.00	Q8,400.00
				Total Mano de Obra	**Q13,140.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q34,461.11**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 322: Presupuesto de materiales para válvulas de compuerta

VALVULAS DE COMPUERTA (4)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Adaptador Macho de 3/4" PVC	Unidad	2	Q2.60	Q5.20
1.02	Adaptador Macho de 1 1/2" PVC	Unidad	2	Q7.20	Q14.40
1.03	Adaptador Macho de 2" PVC	Unidad	4	Q10.40	Q41.60
1.04	Válvula de Compuerta de 3/4" Br.	Unidad	1	Q80.00	Q80.00
1.05	Válvula de Compuerta de1 1/ 2" Br.	Unidad	1	Q190.00	Q190.00
1.06	Válvula de Compuerta de 2" Br.	Unidad	2	Q280.00	Q560.00
	Sub-Total				**Q891.20**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Alambre de amarre calibre 16	Lb.	8	Q7.50	Q60.00
2.02	Cemento gris	Saco	5	Q76.55	Q382.75
2.03	Clavo de 3"	Lb.	7	Q7.00	Q49.00
2.04	Hierro corrugado de 3/8" Grado 40	Varilla	15	Q35.65	Q534.75
2.05	Candado para interperie de 60mm.	Unidad	4	Q165.50	Q662.00
	Sub-Total				**Q1,688.50**
3.00	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	1.0	Q145.00	Q145.00
3.02	Piedrin	m3	1.0	Q230.00	Q230.00
3.03	Tabla de pino rústica 1" *12" *10´	Pt.	51	Q7.50	Q382.50
	Sub-Total				**Q757.50**
				Total de Materiales	**Q3,337.20**
4.00	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	15	Q125.00	Q1,875.00
4.02	No calificada	Jornal	30	Q70.00	Q2,100.00
4.03	Acarreo de Material	Jornal	30	Q70.00	Q2,100.00
				Total Mano de Obra	**Q6,075.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q9,412.20**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 323: Presupuesto de materiales para tanque de distribución de 20m^3 doble cámara

TANQUE DE DISTRIBUCION DE 20 M^3 DOBLE CAMARA					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1.01	Tubo de 4" PVC 160 PSI	Unidad	1	Q601.00	Q601.00
1.02	Tubo de 3" PVC 160 PSI	Unidad	2	Q364.00	Q728.00
1.03	Tubo de 3/4" HG Tipo Liviano	Unidad	5	Q358.07	Q1,790.35
1.04	Codo HG 3/4" a 90°	Unidad	6	Q54.75	Q328.50
1.05	Codo PVC de 3" a 90°	Unidad	6	Q159.00	Q954.00
1.06	Tapón Hembra de 4" pvc	Unidad	1	Q53.50	Q53.50
1.07	Reducidor Bushing 4" a 2" PVC	Unidad	1	Q85.70	Q85.70
1.08	Adaptador Macho PVC de 2 "	Unidad	4	Q11.00	Q44.00
1.09	Adaptador Macho PVC de 3"	Unidad	4	Q41.10	Q164.40
1.10	Adaptador Macho PVC de 1 1/4"	Unidad	1	Q5.80	Q5.80
1.11	Adaptador Macho PVC de 3/4"	Unidad	2	Q2.70	Q5.40
1.12	Tee de 3/4"HG	Unidad	1	Q29.15	Q29.15
1.13	Tee de 3" PVC	Unidad	2	Q91.30	Q182.60
1.14	Válvula de Compuerta de 3" Br	Unidad	2	Q730.00	Q1,460.00
1.15	Válvula de Compuerta de 2" Br	Unidad	2	Q280.00	Q560.00
1.16	Válvula de Compuerta de 3/4" Br	Unidad	2	Q80.00	Q160.00
1.17	Niple de 0.50m *3" HG	Unidad	2	Q269.45	Q538.90
1.18	Niple de 0.10m *3" HG	Unidad	2	Q198.75	Q397.50
	Sub-Total				**Q8,088.80**
2.00	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	200	Q76.55	Q15,310.00
2.02	Clavo de 3"	Lb.	75	Q7.00	Q525.00
2.03	Alambre de amarre cal. 16	Lb.	80	Q7.50	Q600.00
2.04	Hierro de 1/4" liso	Varilla	1	Q22.00	Q22.00
2.05	Hierro Corrugado de 5/8" Grado 40	Varilla	3	Q109.37	Q328.11
2.06	Hierro Corrugado de 3/8" Grado 40	Varilla	315	Q35.65	Q11,229.75
2.07	Hierro Corrugado de 2/2" Grado 40	Varilla	40	Q65.33	Q2,613.20
2.08	Grapa	Lb.	2	Q8.75	Q17.50
2.09	Alambre espigado	Rollo	1	Q350.95	Q350.95
2.10	Candado para interperie de 60mm	Unidad	9	Q165.50	Q1,489.50
2.11	Manguera Redonda de 1/2"	Ml.	20	Q4.90	Q98.00
2.12	Cedazo para respiradero	Yd.	1	Q29.00	Q29.00
	Sub-Total				**Q32,613.01**
3.00	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	11	Q145.00	Q1,595.00
3.02	Piedrin	m3	11	Q230.00	Q2,530.00
3.03	Poste brotón	Unidad	22	Q25.00	Q550.00
3.04	Madera para formaleta	Pt.	690	Q7.50	Q5,175.00
	Sub-Total				**Q9,850.00**
				Total de Materiales	**Q50,551.81**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	50	Q125.00	Q6,250.00
4.02	No Calificada	Jornal	80	Q70.00	Q5,600.00
4.03	Acarreo de Materiales	Jornal	120	Q70.00	Q8,400.00
				Total mano de obra	**Q20,250.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q70,801.81**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 324: Presupuesto de materiales para línea de distribución

LINEA DE DISTRIBUCION (3,670m)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Tubo de 2" PVC 250 PSI	Unidad	186	Q248.00	Q46,128.00
1.02	Tubo de 1 1/2" PVC 250 PSI	Unidad	14	Q158.00	Q2,212.00
1.03	Tubo de 1 1/4" PVC 250 PSI	Unidad	36	Q121.00	Q4,356.00
1.04	Tubo de 1" PVC 250 PSI	Unidad	161	Q70.00	Q11,270.00
1.06	Tubo de 3/4" PVC 250 PSI	Unidad	200	Q51.00	Q10,200.00
1.07	Tubo de 2"HG Cédula 30	Unidad	14	Q625.25	Q8,753.50
1.09	Codo de 2" *45 PVC	Unidad	19	Q18.70	Q355.30
1.1	Codo de 1 1/2" *45 PVC	Unidad	3	Q14.60	Q43.80
1.11	Codo de 1 1/4" *45 PVC	Unidad	3	Q11.60	Q34.80
1.12	Codo de 1" *45 PVC	Unidad	17	Q8.80	Q149.60
1.13	Reducidor Bushing 2" a 1/2" PVC	Unidad	1	Q41.70	Q41.70
1.14	Reducidor Bushing 1 1/2" a 1" PVC	Unidad	4	Q29.50	Q118.00
1.15	Reducidor Bushing 1 1/4" a 1" PVC	Unidad	1	Q20.00	Q20.00
1.16	Reducidor Bushing 1 1/4" a 3/4" PVC	Unidad	1	Q20.00	Q20.00
1.17	Reducidor Bushing 1" a 3/4" PVC	Unidad	3	Q12.90	Q38.70
1.18	Tapón Hembra 1" PVC	Unidad	2	Q4.10	Q8.20
1.19	Tapón Hembra 3/4" PVC	Unidad	2	Q2.50	Q5.00
1.2	Tee 1" PVC	Unidad	4	Q19.70	Q78.80
1.21	Tee 1 1/2" PVC	Unidad	2	Q44.60	Q89.20
1.22	Tee 2" PVC	Unidad	4	Q53.70	Q214.80
	Sub-Total				**Q84,137.40**
2	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento Solvente 1/4 de galón	Unidad	6	Q297.75	Q1,786.50
2.02	Permatex pomo 170 gr.	Unidad	2	Q78.00	Q156.00
2.03	Thiner	Gl	11	Q69.00	Q759.00
2.04	Wipe	Lb.	3	Q15.00	Q45.00
	Sub-Total				**Q2,746.50**
				Total de Materiales	**Q86,883.90**
3	**MANO DE OBRA**				
3.01	Calificada	Jornal	50	Q125.00	Q6,250.00
3.02	No Calificada	Jornal	35	Q70.00	Q2,450.00
3.03	No Calificada (Excavación)	Jornal	350	Q70.00	Q24,500.00
3.04	No Calificada (Relleno)	Jornal	90	Q70.00	Q6,300.00
3.05	Acarreo de Material	Jornal	90	Q70.00	Q6,300.00
				Total Mano de Obra	**Q45,800.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q132,683.90**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 325: Presupuesto de materiales para conexiones domiciliares

CONEXIONES DOMICILIARES (29)					
No.	**Material**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario (Q)**	**Total (Q)**
1	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				
1.01	Tubo de 3" PVC 100 PSI	Unidad	5	Q298.25	Q1,491.25
1.02	Tubo de 1/2" PVC	Unidad	116	Q65.37	Q7,582.92
1.03	Tee Reductora de 2" a 1/2" PVC	Unidad	13	Q52.35	Q680.55
1.04	Tee Reductora de 1 1/2" a 1/2" PVC	Unidad	4	Q44.75	Q179.00
1.05	Tee Reductora de 1 1/4" a 1/2" PVC	Unidad	6	Q35.28	Q211.68
1.06	Tee Reductora de 1 a 1/2" PVC	Unidad	6	Q30.65	Q183.90
1.07	Llave de paso de 1/2" Br.	Unidad	29	Q89.28	Q2,589.12
1.08	Adaptador Macho de 1/2" PVC	Unidad	58	Q3.35	Q194.30
1.09	Codo con rosca de 1/2"HG 90	Unidad	29	Q5.68	Q164.72
1.10	Niple de 1/2" x 1.4 HG	Unidad	29	Q95.20	Q2,760.80
1.11	Codo de 1/2" HG 90	Unidad	29	Q8.00	Q232.00
1.12	Niple de 1/2"x0.15m HG	Unidad	29	Q15.80	Q458.20
1.13	Copla HG de 1/2"	Unidad	29	Q18.00	Q522.00
1.14	Llave de chorro lisa de 1/2" Br.	Unidad	29	Q85.40	Q2,476.60
	Sub-Total				**Q19,727.04**
2.00	**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**				
2.01	Cemento gris	Saco	5	Q76.55	Q382.75
2.02	Cemento solvente	1/4 gl	1	Q297.75	Q297.75
2.03	Hierro de 1/4" liso Grado 40	Varilla	1	Q22.00	Q22.00
2.04	Permatex pomo de 170 gr.	Unidad	6	Q78.00	Q468.00
2.05	Thiner	Galón	3	Q69.00	Q207.00
2.06	Wipe	Lb.	5	Q15.00	Q75.00
	Sub Total				**Q1,452.50**
3.00	**MATERIALES LOCALES**				
3.01	Arena de rio	m3	0.5	Q145.00	Q72.50
3.02	Piedrin	m3	0.5	Q230.00	Q115.00
	Sub-Total				**Q187.50**
				Total de Materiales	**Q21,367.04**
4	**MANO DE OBRA**				
4.01	Calificada	Jornal	25	Q125.00	Q3,125.00
4.02	No Calificada	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
4.03	NoCcalificada Excavación	Jornal	20	Q70.00	Q1,400.00
4.04	No Calificada (Relleno	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
4.05	Acarreo de Material	Jornal	10	Q70.00	Q700.00
				Total Mano de Obra	**Q6,625.00**
				TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	**Q27,992.04**

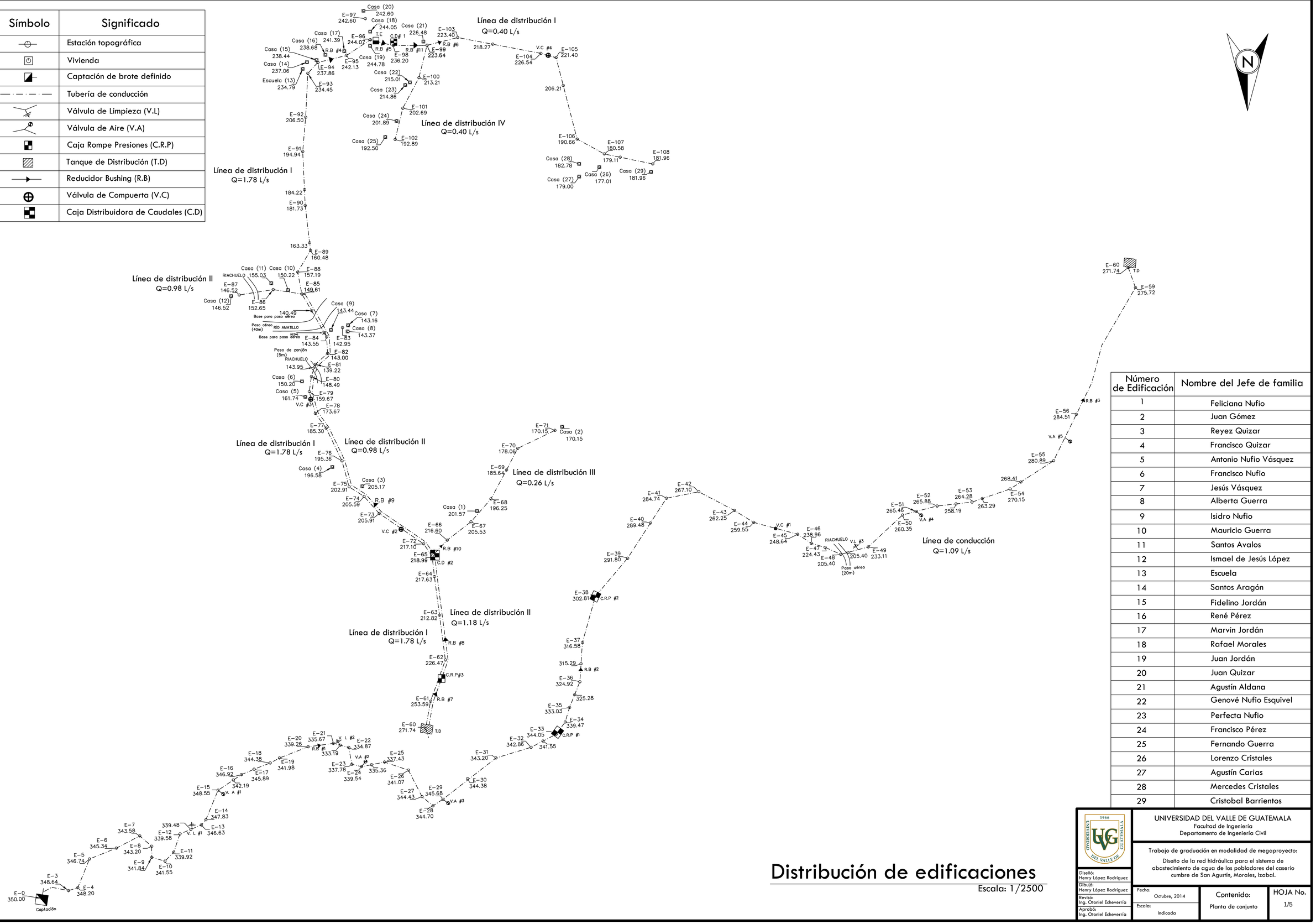
Fuente: Elaboración propia

1. Planos de la red de conducción y distribuión de agua. La red de conducción y distribuión de agua se puede observar en los siguientes planos:

a) Planta de conjunto
b) Planta y perfil de línea de conducción (1/2)
c) Planta y perfil de línea de conducción (2/2)
d) Planta perfil de línea de distribución 1
e) Planta y perfil de línea de distribución 2, 3 y 4

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Símbolo	Significado
	Estación topográfica
	Vivienda
	Captación de brote definido
	Tubería de conducción
	Válvula de Limpieza (V.L)
	Válvula de Aire (V.A)
	Caja Rompe Presiones (C.R.P)
	Tanque de Distribución (T.D)
	Reducidor Bushing (R.B)
	Válvula de Compuerta (V.C)
	Caja Distribuidora de Caudales (C.D)



Número de Edificación	Nombre del Jefe de familia
1	Feliciana Nufio
2	Juan Gómez
3	Reyez Quizar
4	Francisco Quizar
5	Antonio Nufio Vásquez
6	Francisco Nufio
7	Jesús Vásquez
8	Alberta Guerra
9	Isidro Nufio
10	Mauricio Guerra
11	Santos Avalos
12	Ismael de Jesús López
13	Escuela
14	Santos Aragón
15	Fidelino Jordán
16	René Pérez
17	Marvin Jordán
18	Rafael Morales
19	Juan Jordán
20	Juan Quizar
21	Agustín Aldana
22	Genové Nufio Esquivel
23	Perfecta Nufio
24	Francisco Pérez
25	Fernando Guerra
26	Lorenzo Cristales
27	Agustín Carias
28	Mercedes Cristales
29	Cristobal Barrientos

Distribución de edificaciones

Escala: 1/2500

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto:

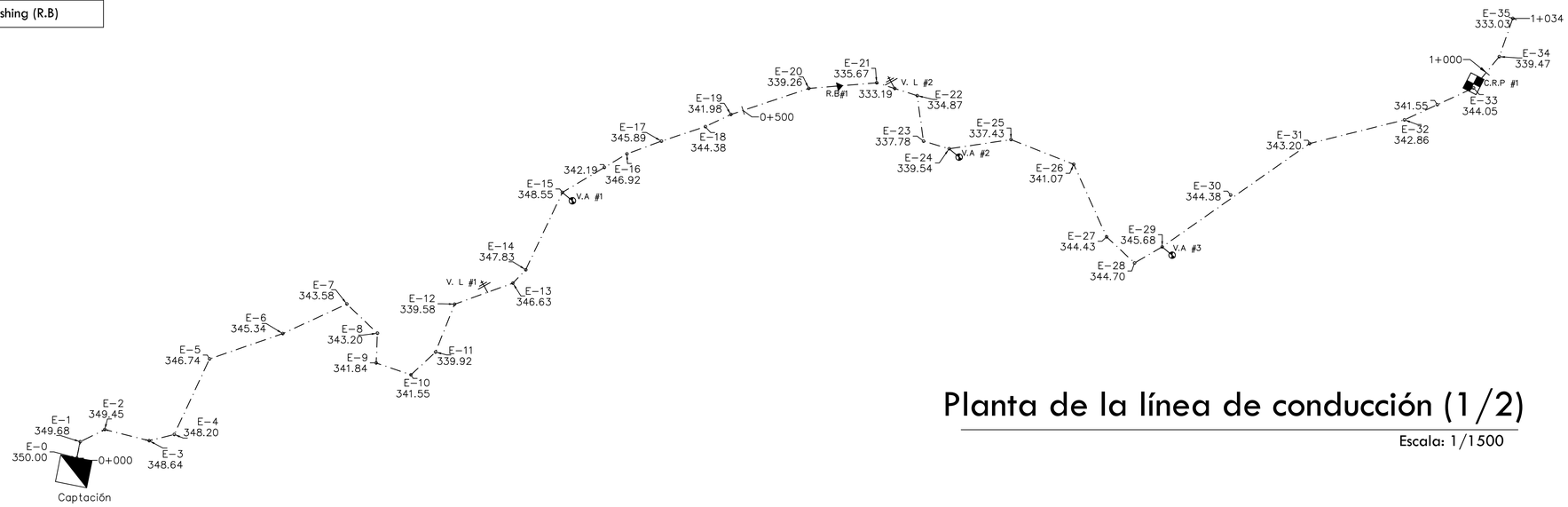
Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua de los pobladores del caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

Diseñó:	Henry López Rodríguez
Dibujó:	Henry López Rodríguez
Revisó:	Ing. Otoniel Echeverría
Aprobó:	Ing. Otoniel Echeverría
Fecha:	Octubre, 2014
Escala:	Indicada
Contenido:	Planta de conjunto
HOJA No.	1/5

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

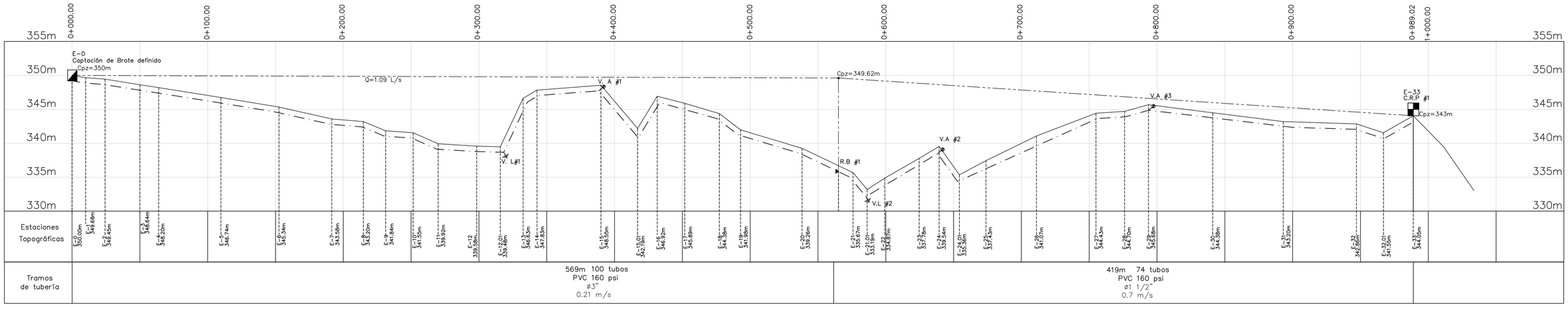
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Símbolo	Significado
	Estación topográfica
	Captación de brote definido
	Tubería de conducción
	Línea Gradiente Hidráulico
	Válvula de Limpieza (V.L)
	Válvula de Aire (V.A)
	Caja Rompe Presiones (C.R.P)
	Reducidor Bushing (R.B)



Planta de la línea de conducción (1/2)

Escala: 1/1500



Perfil de la línea de conducción (1/2)

Escala horizontal: 1/1500
Escala vertical: 1/300

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto:

Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua de los pobladores del caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

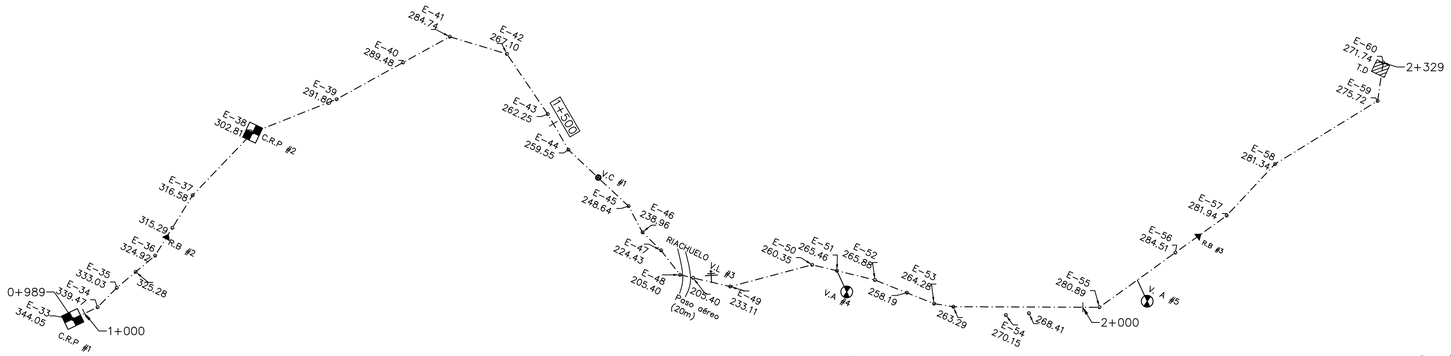
Diseñó:	Henry López Rodríguez
Dibujó:	Henry López Rodríguez
Revisó:	Ing. Otoniel Echeverría
Aprobó:	Ing. Otoniel Echeverría
Fecha:	Noviembre, 2014
Escala:	Indicada

Contenido:
Planta y Perfil
Línea de Conducción 1/2

HOJA No.
2/5

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

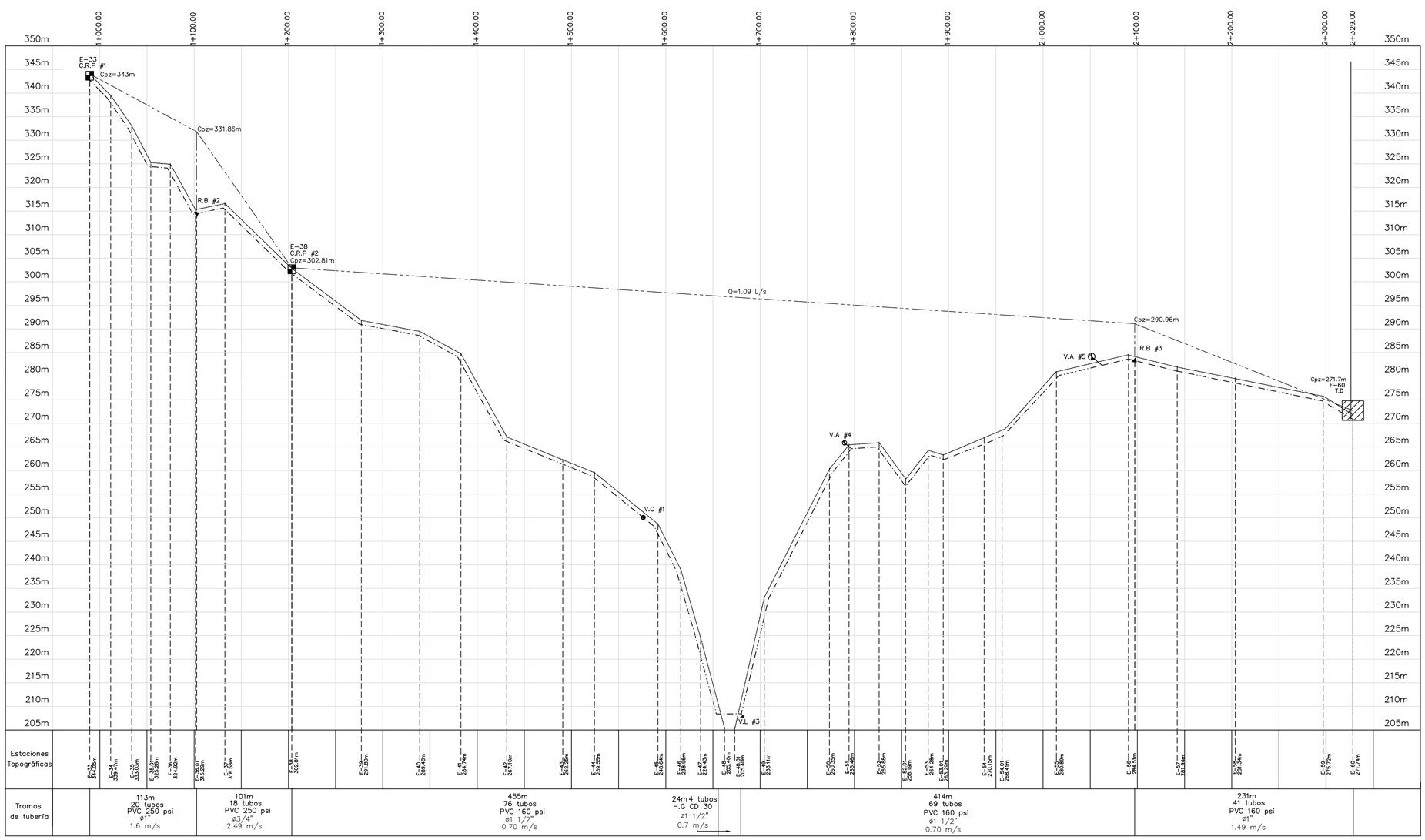
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Planta de la línea de conducción 2/2

Escala: 1/2500

Símbolo	Significado
—○—	Estación topográfica
—◪—	Captación de brote definido
———	Tubería de conducción
— · — · —	Línea de Gradiente Hidráulico
—⋋—	Válvula de Limpieza (V.L)
—⋌—	Válvula de Aire (V.A)
—⊕—	Válvula de Compuerta (V.C)
—▪—	Caja Rompe Presiones (C.R.P)
——▸	Reducidor Bushing (R.B)
—▨—	Tanque de Distribución (T.D)



Perfil de la línea de conducción 2/2

Escala horizontal: 1/2500
Escala vertical: 1/500

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto:

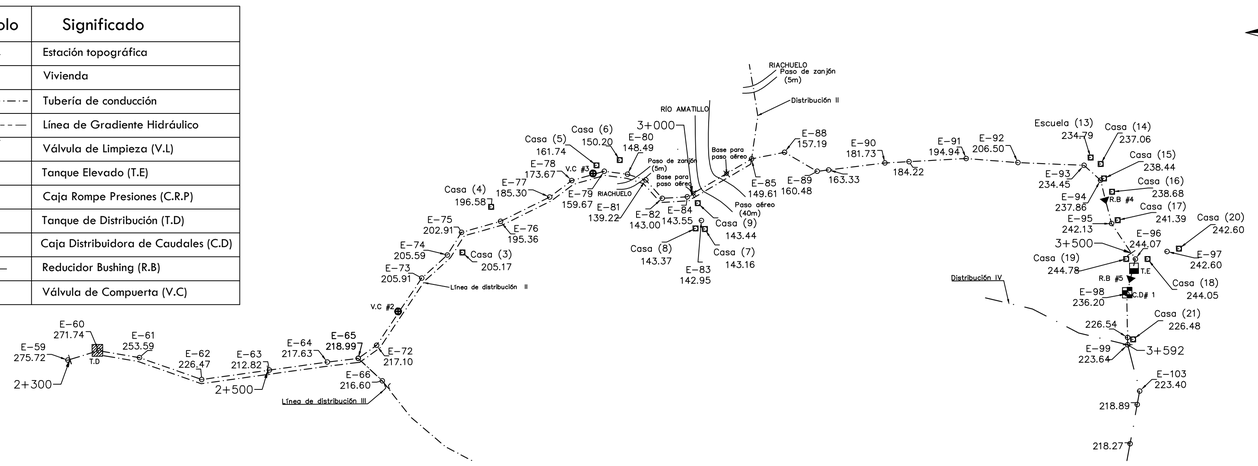
Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua de los pobladores del caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

Diseñó: Henry López Rodríguez	Fecha: Noviembre, 2014	Contenido: Planta y Perfil Línea de Conducción 2/2	HOJA No. 3/5
Dibujó: Henry López Rodríguez			
Revisó: Ing. Otoniel Echeverría	Escala: Indicada		
Aprobó: Ing. Otoniel Echeverría			

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

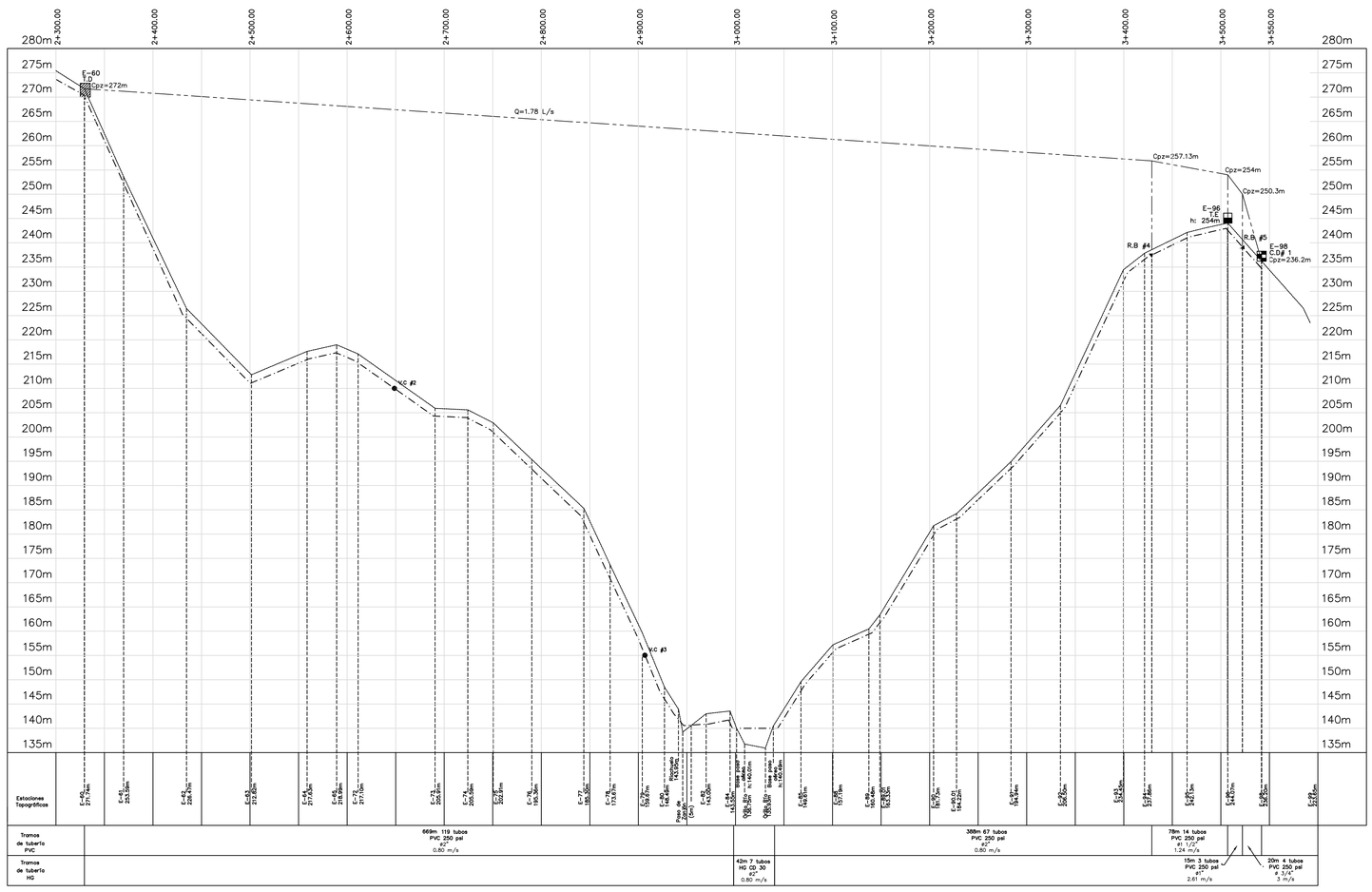
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Símbolo	Significado
	Estación topográfica
	Vivienda
	Tubería de conducción
	Línea de Gradiente Hidráulico
	Válvula de Limpieza (V.L)
	Tanque Elevado (T.E)
	Caja Rompe Presiones (C.R.P)
	Tanque de Distribución (T.D)
	Caja Distribuidora de Caudales (C.D)
	Reducidor Bushing (R.B)
	Válvula de Compuerta (V.C)



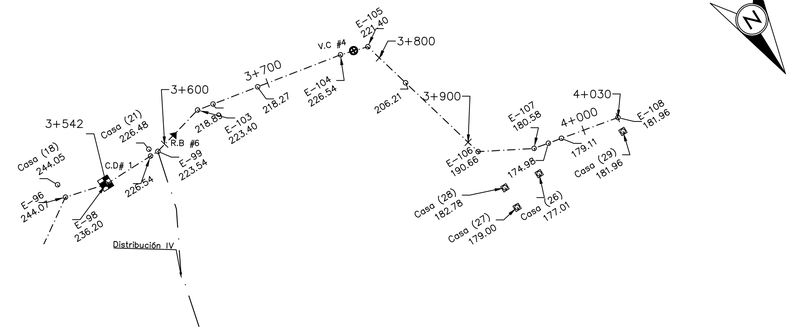
Planta de la línea de distribución I (1/2)

Escala: 1/3000



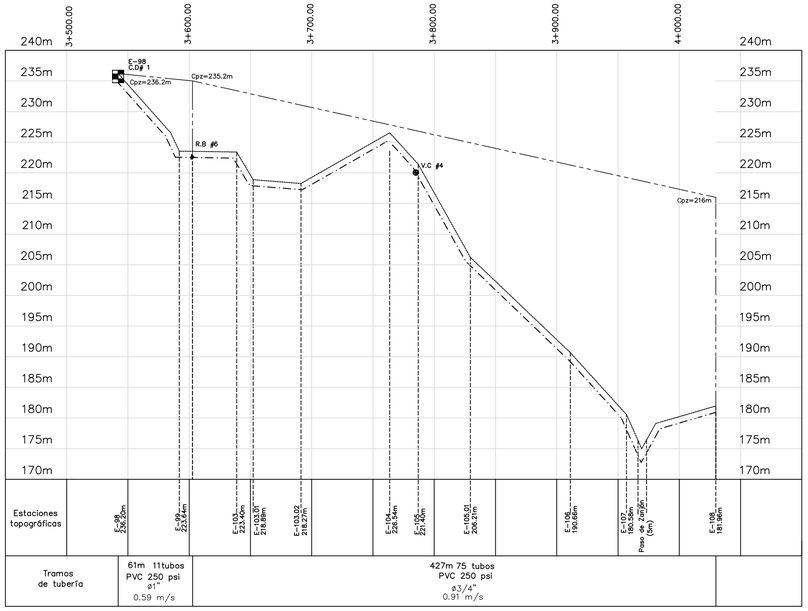
Perfil de la línea de distribución I (1/2)

Escala horizontal: 1/3000
Escala vertical: 1/600



Planta de la línea de distribución I (2/2)

Escala: 1/2500



Perfil de la línea de distribución I (2/2)

Escala horizontal: 1/2500
Escala vertical: 1/500

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto:

Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua de los pobladores del caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

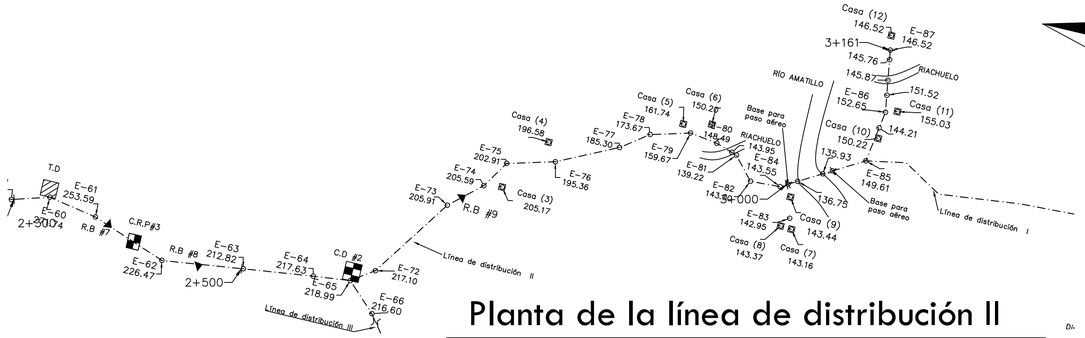
Diseñó:	Henry López Rodríguez
Dibujó:	Henry López Rodríguez
Revisó:	Ing. Otoniel Echeverría
Aprobó:	Ing. Otoniel Echeverría
Fecha:	Noviembre, 2014
Escala:	Indicada

Contenido: Planta y Perfil . Línea de Distribución I

HOJA No. 4/5

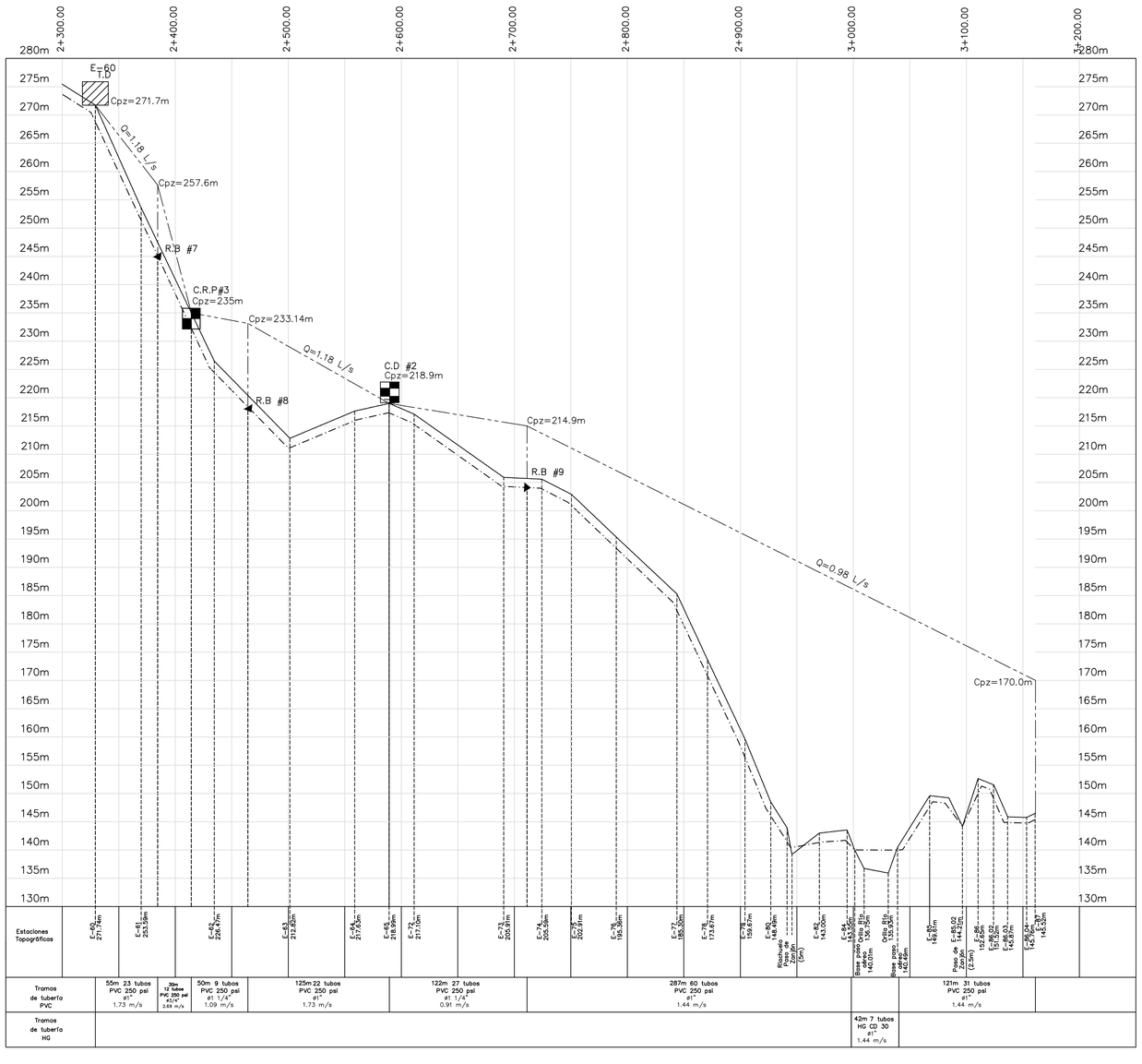
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



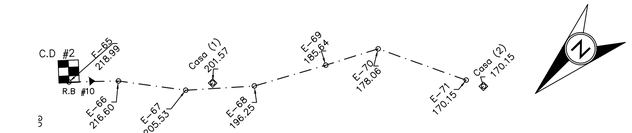
Planta de la línea de distribución II

Escala: 1/2500



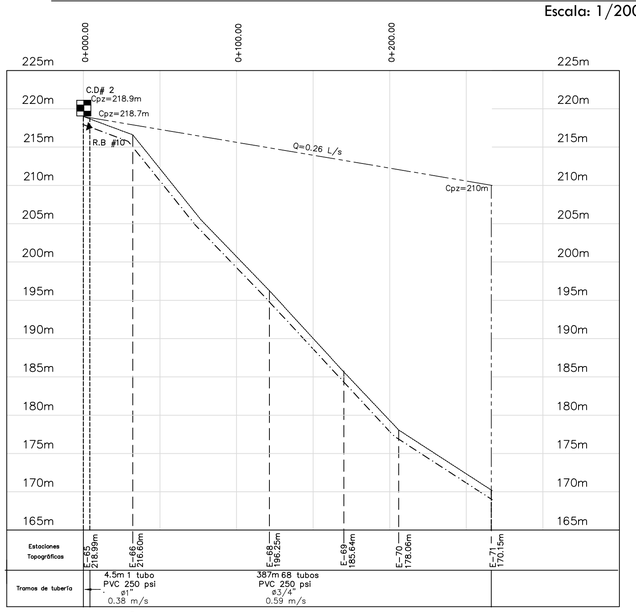
Perfil de la línea de distribución II

Escala horizontal: 1/2500
Escala vertical: 1/500



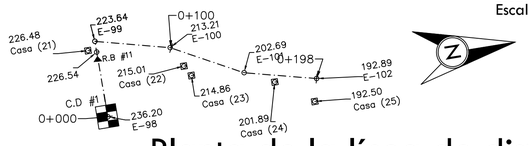
Planta de la línea de distribución III

Escala: 1/2000



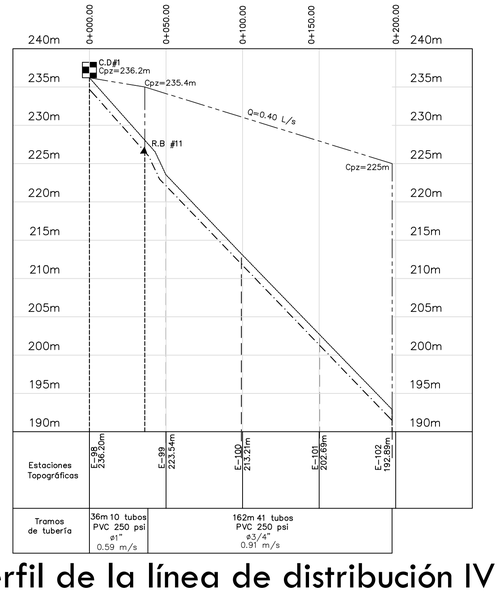
Perfil de la línea de distribución III

Escala horizontal: 1/2000
Escala vertical: 1/400



Planta de la línea de distribución IV

Escala: 1/2000



Perfil de la línea de distribución IV

Escala horizontal: 1/2000
Escala vertical: 1/400

Símbolo	Significado
	Estación topográfica
	Vivienda
	Tubería de conducción
	Línea de Gradiente Hidráulico
	Válvula de Limpieza (V.L)
	Tanque Elevado (T.E)
	Caja Rompe Presiones (C.R.P)
	Tanque de Distribución (T.D)
	Caja Distribuidora de Caudales (C.D)
	Reducidor Bushing (R.B)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto:

Diseño de la red hidráulica para el sistema de abastecimiento de agua de los pobladores del caserío cumbre de San Agustín, Morales, Izabal.

Diseñó: Henry López Rodríguez
Dibujó: Henry López Rodríguez
Revisó: Ing. Otoniel Echeverría
Aprobó: Ing. Otoniel Echeverría

Fecha: Noviembre, 2014
Escala: Indicada

Contenido: Planta y Perfil Líneas de Distribución II, III y IV

HOJA No. 5/5

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

I. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DEL AGUA Y DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN.

El programa se auxilia de los siguientes formularios:

1. Encuesta de datos demográficos
2. Listado de asistencia individual
3. Listado de asistencia por familia
4. Listado de entrega de material
5. Evaluación módulo 2
6. Evaluación módulo 3
7. Evaluación módulo 4
8. Evaluación módulo 5
9. Evaluación módulo 6

ENCUESTA No. ___

DATOS FAMILIARES

1. ¿Cuántas personas viven en su casa?_____

2. ¿Qué edades tienen las personas que viven en su casa?

   _____

   _____

   _____

   _____

3. ¿A qué se dedican los adultos de la casa? _____

   _____

   _____

4. ¿Qué horario de trabajo tienen los adultos en su casa? (Entre semana y fin de semana)

   _____

   _____

5. ¿Hasta qué grado escolar ha cursado cada persona en su casa?

   _____

   _____

   _____

6. ¿Con qué frecuencia padecen los miembros de su familia de enfermedades gastrointestinales?

   _____

AGUA

7. El agua que usa en su casa... (todas las que aplique)
   - ☐ llega por tuberías/chorro a la casa.
   - ☐ llega por tuberías a una pila o chorro comunitario.
   - ☐ la acarrea desde una fuente de agua cercana (Indicar cuál y la distancia que recorre:_____).
   - ☐ la compra embotellada.
   - ☐ otro : _____

8. ¿En qué horas del día tiene agua disponible en su casa?
   _____

9. ¿Tiene agua disponible durante todo el año?
   - ☐ Sí
   - ☐ No (Indique qué meses no): _____

10. ¿Aproximadamente cuánto paga por el agua que consume al mes?
    _____

11. ¿Para qué usa el agua en su casa? (Todas las que apliquen)
    - ☐ Beber
    - ☐ Cocinar
    - ☐ Lavar ropa o utensilios
    - ☐ Bañarse
    - ☐ Regar
    - ☐ Otros: _____

12. ¿Qué tipo de tratamiento le da al agua (que ingiere) antes de consumirla?
    - ☐ Ninguno
    - ☐ Hervirla
    - ☐ Dejarla reposar
    - ☐ Clorarla
    - ☐ Otros: _____

Listado de Asistencia Individual

Fecha: _____

Capacitación: _____

Capacitador: _____

No.	Nombre	Edad	Género
1			F o M
2			F o M
3			F o M
4			F o M
5			F o M
6			F o M
7			F o M
8			F o M
9			F o M
10			F o M
11			F o M
12			F o M
13			F o M
14			F o M
15			F o M

No.	Nombre	Edad	Género
16			F o M
17			F o M
18			F o M
19			F o M
20			F o M
21			F o M
22			F o M
23			F o M
24			F o M
25			F o M
26			F o M
27			F o M
28			F o M
29			F o M
30			F o M

Total de asistentes: _____

Listado de asistencia por familia

Fecha: _____

Capacitación: _____

Capacitador: _____

No.	Apellidos de familia	No. de integrantes
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

No.	Apellidos de familia	No. de integrantes
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Total de familias: _____

Listado de entrega de material

Fecha: _____

Capacitación: _____

Capacitador: _____

Responsable de entrega: _____

Cantidad	Descripción de material	Recibe

Cantidad	Descripción de material	Recibe

Total de material entregado: _____

Evaluación Módulo 2

Pregunta: ¿Qué le pasa a una persona si toma agua contaminada (no limpia)?

No.	Nombre	1	2	3	4
	TOTALES				
				LOGRO	

1 = No provee ningún efecto de tomar agua contaminada. No responde.
2= Provee un efecto de tomar agua contaminada.
3= Provee dos efectos de tomar agua contaminada.
4= Provee tres o más efectos de tomar agua contaminada.

Evaluación Módulo 3

Pregunta: ¿Qué se puede hacer para purificar (limpiar) bien el agua que usa?

No.	Nombre	1	2	3	4
	TOTALES				
					LOGRO

1 = No provee información sobre los métodos efectivos ni los no efectivos. No responde.
2= Indica qué métodos no son efectivos para purificar el agua.
3= Indica qué métodos son efectivos para purificar el agua.
4= Indica qué métodos no son efectivos para purificar el agua y cuáles sí lo son.

Evaluación Módulo 4

Familia: _____

Criterio	Principiante	En proceso	Satisfactorio	Avanzado
Usó adecuadamente los materiales a su disposición	No empleó correctamente los materiales provistos	Empleó correctamente algunos de los materiales provistos	Empleó correctamente la mayoría de los materiales provistos	Empleó correctamente todos los materiales provistos
Técnica adecuada: Siguió los pasos del proceso adecuadamente	Siguió muy pocos pasos (o ninguno) para la elaboración	Siguió algunos pasos (menos importantes) para la elaboración	Siguió la mayoría de los pasos (más importantes) para la elaboración	Siguió exactamente todos los pasos enseñados en la elaboración
Explica cómo se usa el filtro	No puede explicar el uso del filtro o no responde	Necesita ayuda para explicar el uso del filtro.	Puede explicar con algo de ayuda el uso del filtro.	Explica correctamente cómo se usa el filtro
			LOGRO	

Evaluación Módulo 5

Pregunta: ¿Cómo se usa (o funciona) el sistema para captar lluvia?

No.	Nombre	1	2	3	4
	TOTALES				
					LOGRO

1 = No provee información acertada sobre cómo usar el sistema de captación de lluvia. No responde.
2= Provee una explicación muy vaga o con alguna información incorrecta sobre cómo usar el sistema de captación de lluvia.
3= Provee una explicación aceptable (general) sobre cómo usar el sistema de captación de lluvia.
4= Provee una explicación detallada sobre cómo usar el sistema de captación de lluvia.

Evaluación Módulo 6

Pregunta: ¿Qué se puede hacer para purificar (limpiar) bien el agua que usa?

No.	Nombre	1	2	3	4
	TOTALES				

LOGRO

1 = No provee información correcta sobre el manejo del agua para consumo humano. No responde.
2= Explica una práctica saludable sobre el manejo del agua para consumo humano.
3= Explica dos prácticas saludables sobre el manejo del agua para consumo humano.
4= Explica tres o más prácticas saludables sobre el manejo del agua para consumo humano.