UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto Condado Santa Elena

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por Luis Pedro Barrientos Fong, Jorge Raúl Calderón Sánchez, Mario Estuardo Cifuentes Martínez, Angel Roberto Hernández Marroquín, Carlos Alfredo Mendoza Alvarado, Gerardo Josué Nóchez Tamayo, Sebastian Vaides Arana y Walter Ernesto Villatoro Armendáriz para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil; por Luis Esteban Camey López para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica; y por María Fernanda Rodríguez-Cerna Braunschweig para optar al grado académico de Licenciado en Administración del Turismo Sostenible.

Guatemala

2014

Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto Condado Santa Elena

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto Condado Santa Elena

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por Luis Pedro Barrientos Fong, Jorge Raúl Calderón Sánchez, Mario Estuardo Cifuentes Martínez, Angel Roberto Hernández Marroquín, Carlos Alfredo Mendoza Alvarado, Gerardo Josué Nóchez Tamayo, Sebastian Vaides Arana y Walter Ernesto Villatoro Armendáriz para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil; por Luis Esteban Camey López para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica; y por María Fernanda Rodríguez-Cerna Braunschweig para optar al grado académico de Licenciado en Administración del Turismo Sostenible.

Guatemala

2014

Vo.Bo.:

(f) _____

Ing. Nadya Recinos España / Arq. Juan Pablo Blas

Tribunal Examinador:

(f) _____

Arq. Juan Pablo Blas

(f) _____

MBA Ing. Roberto Godo Levensen

(f) _____

M.Sc. Claire Dalliés de Masaya

(f) _____

M.Sc. Víctor Hugo Ayerdi

Fecha de aprobación: Guatemala 02 de diciembre de 2014.

ÍNDICE

Página

LISTA DE CUADROS v

LISTA DE ILUSTRACIONES xiv

RESUMEN xxiii

I. INTRODUCCIÓN 1

II. JUSTIFICACIÓN 2

III. OBJETIVOS 3

A. Objetivo general 3

B. Objetivos específicos 3

IV. METODOLOGÍA 4

A. Fase inicial 4

B. Fase de campo 4

C. Fase final 4

V. MARCO REFERENCIAL 5

A. Ubicación y delimitación 5

B. Topografía del área de estudio 5

C. Geología 5

D. Suelos 6

E. Uso actual de la tierra 7

F. Vegetación 7

G. Clima 8

H. Hidrografía 8

VI. DEMOGRAFÍA Y CRECIMIENTO URBANO 16

A. Antecedentes 16

B. Marco teórico 17
C. Resultados 33
VII. CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA, BOSQUES Y TURISMO 58
A. Marco teórico 58
B. Metodología 82
C. Resultados 84
VIII. RECURSOS HÍDRICOS 137
A. Marco teórico 137
B. Metodología 172
C. Resultados 183
D. Alternativa del uso del agua superficial 214
IX. ENERGÍAS RENOVABLES 227
A. Ángulos solares 227
B. Radiación solar 227
C. Conceptos básicos de un sistema fotovoltaico. 228
D. Componentes básicos de un sistema fotovoltaico 231
E. Cálculos a considerar en sistema fotovoltaico o sistema eléctrico. 232
F. Tipos de sistemas fotovoltaicos 234
G. Energía eólica. 235
H. Antecedentes de la energía eólica 237
I. Energía eólica en el mundo 237
J. Aerogeneradores 241
K. Cómo elegir el lugar para el parque eólico. 245
L. Costo de implementar un parque eólico. 246
M. Conceptos básicos sobre iluminación para la aplicación de un sistema de alumbrado público. 249
N. Leyes del Mercado Eléctrico Guatemalteco, que amparan un sistema con energía renovable. 252

O. Impacto ambiental. 254
P. Análisis estadístico 255
Q. Análisis financiero, para sistema de alumbrado público con lámparas LED y sistema de inyección energética a la red eléctrica. 255
R. Antecedentes. 257
S. Energía eólica en la finca el Rincón. 260
T. Proyecciones de demanda en consumo energético por alumbrado público, del "Condado Santa Elena", ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala. 273
U. Propuesta de instalación y operación de sistema de alumbrado público con lámparas LED de 30 watts y alimentación solar a la red eléctrica, para el "Condado Santa Elena" 278
V. Resultados: selección de componentes. 284
W. Descripción del diseño final; generación y consumo de energía, considerando pérdidas. 295
X. Análisis financiero. 304
Y. Impacto ambiental 309
Z. Análisis financiero de otras alternativas para el ahorro energético en alumbrado público para "Condado Santa Elena" 311
AA. Implementar 30 lámparas tipo LED de 30 watts. (Propuesta B) 314
BB. Implementar 15 lámparas tipo LED de 80 watts. (Propuesta C) 316
CC. Impacto ambiental de 15 lámparas LED de 80 watts. 318
DD. Costo y retorno de la inversión para el parque eólico. 320
X. PROPUESTAS VERDES Y CARRETERAS 323
A. Marco teórico 323
B. Resultados. 362
XI. DISCUSIÓN 456
A. Demografía y crecimiento urbano. 456
B. Capacidad de uso de la tierra, bosques y turismo. 457
C. Recursos hídricos. 458

D. Energías renovables. 459
E. Propuestas verdes y carreteras. 460
XII. CONCLUSIONES 468
XIII. RECOMENDACIONES 472
XIV. BIBLIOGRAFÍA 475
XV. GLOSARIO 486
XVI. LISTADO DE ACRÓNIMOS 491
XVII. ANEXOS 493
A. Anexo: Turismo. 494
B. Anexo: Uso del suelo. 500
C. Anexo: Recursos hídricos. 507
D. Anexo: Propuestas verdes y carreteras. 529

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1: Población según región, años 1981, 1994 y 2002. 38
Cuadro 2: Incremento poblacional entre años 1981 y 1994. 38
Cuadro 3: Incremento poblacional entre años 1994 y 2002. 38
Cuadro 4: Porcentaje de población del municipio de interés con respecto a la población del departamento. 40
Cuadro 5: Resumen de población en centros urbanos en el año 2002. 40
Cuadro 6: Concentración y dispersión de población en centros urbanos del año 2002. 41
Cuadro 7: Distribución de la población en la cabecera municipal de Villa Canales. 44
Cuadro 8: Distribución de la población en la aldea de Santa Elena Barrillas. 46
Cuadro 9: Porcentaje de la población en área rural y urbana. 48
Cuadro 10: Clasificación de uso según el INAB para las tierras altas volcánicas. 66
Cuadro 11: Escalas de trabajo para la metodología del INAB 66
Cuadro 12: Monto de incentivos forestales para reforestación. 79
Cuadro 13: Monto de incentivos forestales para bosques naturales. 79
Cuadro 14: Descripción de perfil finca Chatimel. 88
Cuadro 15: Descripción de perfil finca el Rincón. 89
Cuadro 16: Descripción de perfil Ingenio Santa Teresa. 90
Cuadro 17: Descripción de perfil finca Tulujá. 91
Cuadro 18: Descripción de perfil finca Morán. 92
Cuadro 19: Descripción de perfil finca Pampichín. 93
Cuadro 20: Descripción de perfil San Gregorio Spa. 94
Cuadro 21: Fases de desarrollo turístico. 95
Cuadro 22: Descripción de actividades de producción, cultivo y área. 107
Cuadro 23: Parámetros de pendientes. 112
Cuadro 24: Parámetros de profundidad efectiva. 112
Cuadro 25: Matriz de la capacidad y uso de la tierra para el café. 113
Cuadro 26: Parámetros de pendientes. 115
Cuadro 27: Parámetros de profundidad efectiva. 115
Cuadro 28: Matriz de capacidad y uso de la tierra para el ciprés. 115
Cuadro 29: Diámetro a la altura del pecho. 120
Cuadro 30: Diámetro a la altura del pecho. 121

Cuadro 31: Altura de árboles. 121
Cuadro 32: Incremento medio anual. 122
Cuadro 33: Volumen en m^3 por hectárea. 122
Cuadro 34: Proyección de DAP a 10, 15 y 25 años. 123
Cuadro 35: Proyección de altura a 10, 15 y 25 años. 124
Cuadro 36: Proyección del volumen en m^3 a 10 años. 125
Cuadro 37: Volumen de extracción en m^3 a los10 años. 125
Cuadro 38: Volumen de extracción en m^3 a los 15 años. 126
Cuadro 39: Volumen comercial de extracción en m^3 a los 15 años. 126
Cuadro 40: Volumen comercial de extracción final en m^3 a los 25 años. 128
Cuadro 41: Monto de incentivos forestales para bosques naturales. 132
Cuadro 42: Descripción de la vegetación herbácea. 134
Cuadro 43: Descripción de la vegetación arbórea. 134
Cuadro 44: Mamíferos más comunes predominantes en la zona. 134
Cuadro 45: Reptiles más comunes predominantes en la zona. 134
Cuadro 46: Uso actual y potencial de agua en Guatemala (millones de m^3). 140
Cuadro 47: Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas. 144
Cuadro 48: Relación entre la densidad de drenaje y características específicas de una cuenca. 156
Cuadro 49: Tabla de ponderación para la precipitación. 174
Cuadro 50: Tabla de ponderación para la topografía. 175
Cuadro 51: Tabla de ponderación para la geología. 175
Cuadro 52: Tabla de ponderación para la cobertura vegetal. 176
Cuadro 53: Tabla de ponderación para el tipo de suelo. 177
Cuadro 54: Tabla de ponderación para el uso del suelo. 177
Cuadro 55: Tabla de posibilidad de recarga hídrica. 179
Cuadro 56: Análisis de la cuenca. 183
Cuadro 57: Parámetros de la cuenca. 184
Cuadro 58: Caudales medidos. 186
Cuadro 59: Información general de los pozos evaluados. 188
Cuadro 60: Información sobre el tipo de pozo de los puntos evaluados. 189
Cuadro 61: Información sobre el tipo de pozo según producción. 189
Cuadro 62: Información utilizada para determinar la cobertura de los pozos. 201
Cuadro 63: Información utilizada para elaborar el perfil de agua subterránea. 201

Cuadro 64: Información recolectada en campo para las muestras de agua. 205
Cuadro 65: Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua. 205
Cuadro 66: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P1. 207
Cuadro 67: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P2. 208
Cuadro 68: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P3. 209
Cuadro 69: Resultados físicos de la muestra P1. 211
Cuadro 70: Resultados químicos de la muestra P1. 211
Cuadro 71: Resultados físicos de la muestra P2. 212
Cuadro 72: Resultados químicos de la muestra P2. 213
Cuadro 73: Resumen tubería de bombeo. 215
Cuadro 74: Costo línea de aducción. 215
Cuadro 75: Precio del agua. 215
Cuadro 76: Egresos e ingresos en 10 años. 216
Cuadro 77: Resultados del análisis financiero. 216
Cuadro 78: Resumen tubería tramo 1. 217
Cuadro 79: Resumen tubería tramo 2. 218
Cuadro 80: Resumen tubería tramo 3. 218
Cuadro 81: Costo línea de conducción. 218
Cuadro 82: Precio del agua. 218
Cuadro 83: Egresos e ingresos en 10 años. 219
Cuadro 84: Resultados del análisis financiero. 219
Cuadro 85: Capacidad de la laguna. 222
Cuadro 86: Costo laguna para la producción de peces. 222
Cuadro 87: Precio de las libras pez. 222
Cuadro 88: Egresos e ingresos en 10 años. 223
Cuadro 89: Resultados del análisis financiero. 223
Cuadro 90: Datos iniciales. 225
Cuadro 91: Potencia bruta de producción. 225
Cuadro 92: Costo hidroeléctrico. 226
Cuadro 93: Egresos e ingresos en 15 años. 226
Cuadro 94: Resultados del análisis financiero. 226
Cuadro 95: Tipo de cimentación según el terreno. 244
Cuadro 96: Costos de inversión de un parque eólico. 247

Cuadro 97: Costos de explotación del proyecto. 248
Cuadro 98: Costos de explotación según la altura. 249
Cuadro 99: Características del viento. 261
Cuadro 100: Características del viento medidas en el lugar. 263
Cuadro 101: Histograma de velocidades. 268
Cuadro 102: Energía producida con GAMESA G90 a 100 m. 270
Cuadro 103: Energía producida con VESTAS V90 a 100m. 271
Cuadro 104: Energía producida con GAMESA G90 a 50m. 272
Cuadro 105: Energía producida con VESTAS V90 a 50m. 273
Cuadro 106: Proyección crecimiento poblacional municipio de Villa Canales. 274
Cuadro 107: Lámparas en inventario de municipalidad de Villa Canales. 276
Cuadro 108: Consumo anual total en KWh, del sistema actual en operación. 276
Cuadro 109. Demanda de energía año del 2014 al año 2035 de "Condado Santa Elena". 277
Cuadro 110: Consumo mensual del sistema de 30 lámparas LED con horas de operación promedio. 280
Cuadro 111: Consumo de lámparas de vapor de sodio de 100 watts. 281
Cuadro 112: Comparación de lámparas con distinta tecnología. 283
Cuadro 113: Características técnicas módulos HIT 240 watts. 284
Cuadro 114: Consumo anual de paneles HIT 240 watts. 286
Cuadro 115: Costos de sistema fotovoltaico. 286
Cuadro 116: Características técnicas módulos poli-cristalinos 250 watts. 287
Cuadro 117: Generación anual por un panel poli-cristalino 250 watts. 288
Cuadro 118: Costos de sistema fotovoltaico 2A. 289
Cuadro 119: Características técnicas módulos poli-cristalinos 250 watts. 290
Cuadro 120: Generación anual por un panel poli-cristalino 250 watts. 291
Cuadro 121: Costos de sistema fotovoltaico B. 291
Cuadro 122: Cotización sistema convencional de lámparas vapor sodio 100 watts. 292
Cuadro 123: Cotización sistema lámparas LED 30 watts y sistema FV. 293
Cuadro 124: Criterios de selección de lámparas. 293
Cuadro 125: Criterios de selección de sistema fotovoltaico. 294
Cuadro 126: Especificaciones de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar. 295
Cuadro 127: Descripción de instalación de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar. 295
Cuadro 128: Coordenadas geográficas de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar. 295
Cuadro 129: Materiales y especificaciones de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar. 296

Cuadro 130: Características técnicas de micro inversor. 296
Cuadro 131: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase a 68 F..... 298
Cuadro 132: Largo de cables y calibre. 299
Cuadro 133: Característica eléctrica de termo interruptor. 300
Cuadro 134: Generación de energía considerando pérdidas por cableado y micro-inversores..... 302
Cuadro 135: Costos de sistema fotovoltaico B. 305
Cuadro 136: Cotización sistema lámparas LED 30 watts y sistema FV. 305
Cuadro 137: Inversión. 306
Cuadro 138: Actividades de mantenimiento de 7 horas mensuales. 306
Cuadro 139: Costo mensual fijo por mantenimiento. 306
Cuadro 140: Tasa líder de interés y tasa de cambio quetzal-dólar..... 307
Cuadro 141: Variables supuestas para cada escenario económico. 308
Cuadro 142: Resultados financieros. 308
Cuadro 143: Resultados de análisis impacto ambiental. 310
Cuadro 144: Consumo anual por 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts, considerando pérdidas. ... 311
Cuadro 145: Generación anual de energía en KWh por 17 paneles solares poli cristalinos. 312
Cuadro 146: Costos de sistema fotovoltaico conformado por 17 paneles solares poli-cristalinos. 312
Cuadro 147: Costos de sistema de 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts y 17 paneles solares. 313
Cuadro 148: Inversión del sistema de15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts y 17 paneles solares. .. 313
Cuadro 149: Costo fijo mensual por mantenimiento de la operación del sistema de paneles solares. 313
Cuadro 150: Tasa de cambio promedio y tasa líder de interés. 313
Cuadro 151: Escenarios propuestos. 314
Cuadro 152: Resultados de lámparas de vapor de sodio y paneles solares. 314
Cuadro 153: Inversión del sistema de 30 lámparas LED de 30 watts. 314
Cuadro 154: Inversión de sistema de 30 lámparas LED de 30 watts. 315
Cuadro 155: Tasa de cambio promedio y tasa líder de interés. 315
Cuadro 156: Escenarios asumidos. 315
Cuadro 157: Resultado financiero de 30 lámparas de LED de 30 watts. 315
Cuadro 158: Características técnicas de lámparas LED de 80 watts. 316
Cuadro 159: Consumo de energía en KWh de 15 lámparas LED de 80 watts en “Condado Santa Elena”. 316
Cuadro 160: Costos de sistema de 15 lámparas LED de 80 watts. 317
Cuadro 161: Inversión de sistema de 15 lámparas LED de 80 watts. 317
Cuadro 162: Condiciones de mercado. 317

Cuadro 163: Escenarios para sistema de lámparas LED de 80 watts. 318
Cuadro 164: Resultados para sistema de 15 lámparas LED de 80 watts. 318
Cuadro 165: Impacto ambiental para sistema de 15 lámparas LED de 80 watts. 318
Cuadro 166: Flujo de efectivo G90 a 100m. 321
Cuadro 167: Flujo de efectivo G90 a 50m. 321
Cuadro 168: Flujo de efectivo de una torre de G90 50m. 322
Cuadro 169: Clasificación promedio del consumo de energía eléctrica. 322
Cuadro 170: Defectos en la madera. 326
Cuadro 171: Definición de huella de carbono. 345
Cuadro 172: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de agregado. 351
Cuadro 173: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de madera. 351
Cuadro 174: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de metal. 352
Cuadro 175: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de plásticos. 352
Cuadro 176: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de vidrio. 352
Cuadro 177: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de elementos hechos de cemento. 352
Cuadro 178: Clasificación de carreteras en Guatemala. 360
Cuadro 179: Distribución de lámparas. 362
Cuadro 180: Horas de vida y precio de lámparas. 363
Cuadro 181: Costos lámparas. 363
Cuadro 182: Costo a 10 años. 363
Cuadro 183: Escenario 1. 364
Cuadro 184: Escenario 1, costo sin paneles solares. 364
Cuadro 185: Escenario 1, costo con paneles solares. 365
Cuadro 186: Escenario 2 365
Cuadro 187: Escenario 2, costo sin paneles solares. 366
Cuadro 188: Escenario 2, costo con paneles solares. 366
Cuadro 189: Escenario 3. 367
Cuadro 190: Escenario 3, costo sin paneles solares 367
Cuadro 191: Escenario 3, costo con paneles solares. 368
Cuadro 192: Escenario 4. 368
Cuadro 193: Escenario 4, costo sin paneles solares. 369
Cuadro 194: Escenario 4, costo con paneles solares. 369
Cuadro 195: Escenario 5. 370

Cuadro 196: Escenario 5, costo sin paneles solares. 370
Cuadro 197: Escenario 5, costo con paneles solares. 371
Cuadro 198: Escenario 6. 371
Cuadro 199: Escenario 6, costo sin paneles solares. 372
Cuadro 200: Escenario 6, costo con paneles solares. 372
Cuadro 201: Resumen de comparación de escenarios. 372
Cuadro 202: Costos calentadores de agua. 374
Cuadro 203: Comparación recuperación de la inversión. 374
Cuadro 204: Comparación escenario 1 con escenario 6 y paneles solares. 375
Cuadro 205: Volumen de agua necesario. 383
Cuadro 206: Datos INSIVUMEH. 383
Cuadro 207: Capacidad de captación. 384
Cuadro 208: Chequeo capacidad de captación. 385
Cuadro 209: Costo. 386
Cuadro 210: Resumen de cálculos de entrepiso. 387
Cuadro 211: Resumen de cálculos de techo. 388
Cuadro 212: Resumen de cálculos de columnas. 389
Cuadro 213: Resumen de cálculos de muros. 389
Cuadro 214: Resumen de cálculos de muros. 390
Cuadro 215: Cálculo de metros cúbicos de material para casa de madera. 395
Cuadro 216: Cálculo de toneladas de CO_2 por material. 396
Cuadro 217: Cálculo de toneladas de CO_2 por material. 397
Cuadro 218: Cálculo de metros cúbicos de cemento y agregados. 398
Cuadro 219: Cálculo de toneladas de acero para casa de mampostería. 398
Cuadro 220: Cálculo de toneladas de CO_2 de acero para casa de mampostería. 398
Cuadro 221: Resultados de cálculos de toneladas de CO_2. 399
Cuadro 222: Puntos por la cantidad de usos. 405
Cuadro 223: Puntos a obtener por viajes de transporte público a la semana. 406
Cuadro 224: Puntos por porcentaje de área de techos, patios y aceras con sombra. 406
Cuadro 225: Puntos por porcentaje del terreno destinado a área permeable. 407
Cuadro 226: Consumo de agua diario por persona. 407
Cuadro 227: Puntos por porcentaje de reducción de uso de agua. 408
Cuadro 228: Consumo de agua diario por persona (dispositivos ahorradores). 409

Cuadro 229: Comparación de uso estimado del agua al día por persona. 409
Cuadro 230: Porcentaje de ahorro debido a utilizar dispositivos ahorradores. 410
Cuadro 231: Puntos con base a la eficiencia del calentador de agua. 411
Cuadro 232: Puntos por porcentaje de reducción en consumo de energía. 412
Cuadro 233: Medidas requeridas para el control de humedad en la casa. 413
Cuadro 234: Puntos máximos por producto con porcentaje reciclado 413
Cuadro 235: Concentraciones máximas de contaminante y método de muestreo. 414
Cuadro 236: Sumatoria de puntos obtenidos acorde a las prácticas aplicadas en cada crédito. 415
Cuadro 237: Infraestructura red vial. 419
Cuadro 238: Uso de suelo común dentro de un proyecto. 424
Cuadro 239: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #1. 425
Cuadro 240: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #2. 426
Cuadro 241: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #3. 427
Cuadro 242: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #1. 428
Cuadro 243: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #2. 428
Cuadro 244: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #3. 428
Cuadro 245: Cuadro resumen de cálculo de vehículos diarios según cada escenario. 429
Cuadro 246: Clasificación granolumétrica. 433
Cuadro 247: Resultados granulométricos de las muestras. 434
Cuadro 248: Clasificación según índice de plasticidad. 434
Cuadro 249: Límites de consistencia de muestras de suelos. 435
Cuadro 250: Clasificación AASHTO de las muestras de suelo. 435
Cuadro 251: Resultados del ensayo Proctor. 436
Cuadro 252: CBR de muestras de suelo. 436
Cuadro 253: Clasificación de subrasante según su CBR. 437
Cuadro 254: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #1). 438
Cuadro 255: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #2). 438
Cuadro 256: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #3). 438
Cuadro 257: Resumen de ejes equivalentes por escenario. 439
Cuadro 258: Correlación entre CBR y módulo resiliente de la subrasante. 440
Cuadro 259: Número estructural requerido por escenario. 440
Cuadro 260: Cálculo de número estructural del escenario #1. 442
Cuadro 261: Cálculo de número estructural del escenario #2 442

Cuadro 262: Cálculo de número estructural del escenario #3 442
Cuadro 263: Espesores de capas para cada escenario. 442
Cuadro 264: Fases de construcción para las vías principales. 443
Cuadro 265: Proyección de tránsito de 2007 al 2014. 448
Cuadro 266: Cálculo de volumen de tránsito adicional atraído por el proyecto. 449
Cuadro 267: Propiedades de las vías principales y secundarias. 451
Cuadro 268: Cuantificación de trabajos de terracería. 451
Cuadro 269: Cuantificación de trabajos de pavimentación. 452
Cuadro 270: Cuantificación de trabajos de drenaje menor. 452
Cuadro 271: Cuantificación de trabajos de reglones varios. 453
Cuadro 272: Cuantificación de trabajos de señalización. 453
Cuadro 273: Resumen de costos totales por kilómetro. 455
Cuadro 274: Resumen de costos totales por metro cuadrado. 455

LISTA DE ILUSTRACIONES

Página

Ilustración 1: Vegetación del lugar. 7
Ilustración 2: Nacimiento del río principal. 8
Ilustración 3: Ubicación geográfica del Condado Santa Elena 9
Ilustración 4: Topografía del Condado Santa Elena. 10
Ilustración 5: Geología del Condado Santa Elena. 11
Ilustración 6: Tipo de suelo del Condado Santa Elena. 12
Ilustración 7: Uso actual de la tierra del área de estudio. 13
Ilustración 8: Vegetación general del área de estudio. 14
Ilustración 9: Drenajes del área de estudio. 15
Ilustración 10: Muy baja densidad de ocupación del suelo. 24
Ilustración 11: Baja densidad de ocupación del suelo. 24
Ilustración 12: Densidad media de ocupación del suelo. 25
Ilustración 13: Alta densidad de ocupación del suelo. 25
Ilustración 14: Muy alta densidad de ocupación del suelo. 26
Ilustración 15: Ejemplo de la estructura urbana. 27
Ilustración 16: Teoría de los lugares centrales. 31
Ilustración 17: Ubicación del área de interés. 34
Ilustración 18: Población en años 1981, 1994 y 2002. 39
Ilustración 19: Población del municipio de interés en el año 2002 39
Ilustración 20: Poblados en centros urbanos en el año 2002. 40
Ilustración 21: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por sexo. 44
Ilustración 22: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por grupo de edad. 45
Ilustración 23: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por grupo étnico. 45
Ilustración 24: Distribución de la población Santa Elena Barrillas por sexo en el año 2002. 46
Ilustración 25: Distribución de la población de Santa Elena Barrillas por grupo de edad en el año 2002. 47
Ilustración 26: Distribución de la población en Santa Elena Barrillas por grupo étnico en el año 2002. 47
Ilustración 27: Proyección de la población a 2024. 48
Ilustración 28: Ubicación de escuelas en el área de Villa Canales. 49
Ilustración 29: Ubicación de escuelas en Santa Elena Barrillas. 50
Ilustración 30: Ubicación de centros de salud en Villa Canales. 51

Ilustración 31: Ubicación de centros de salud en Santa Elena Barrillas. 52
Ilustración 32: Crecimiento urbano de Villa Canales del año 2002 al año 2014. 53
Ilustración 33: Crecimiento urbano en Santa Elena Barrillas del año 2002 al año 2014. 54
Ilustración 34: Sección de hoja cartográfica para el área de estudio. 67
Ilustración 35: Proyecciones de turismo. 69
Ilustración 36: Comparación de turismo emisor y receptor. 71
Ilustración 37: Situación forestal legal de Guatemala. 78
Ilustración 38: Cuenca lago de Amatitlán. 85
Ilustración 39: Zonas de vida de la cuenca lago de Amatitlán. 86
Ilustración 40: Ruta turística de aventura. 95
Ilustración 41: Ruta turística médica. 96
Ilustración 42: Ruta turística cultural. 96
Ilustración 43: Inventario de atractivos culturales por finca. 97
Ilustración 44: Atractivos naturales por finca. 97
Ilustración 45: Atractivos de aventura por finca. 98
Ilustración 46: Resumen de atractivos en total cultura, natural y aventura por finca. 98
Ilustración 47: Ponderación de servicios turísticos por sitio visitado. 99
Ilustración 48: Relieve de la cuenca del lago de Amatitlán. 102
Ilustración 49: Muestra de suelo, prueba al tacto. 103
Ilustración 50: Capacidad de uso del suelo, cuenca lago de Amatitlán. 103
Ilustración 51: Delimitación finca la Estanzuela. 104
Ilustración 52: Producción forestal, ciprés común. 105
Ilustración 53: Producción forestal, ciprés común. 105
Ilustración 54: Cultivo de café bajo sombra. 105
Ilustración 55: Cultivo de café bajo sombra. 106
Ilustración 56: Terrenos baldíos, propuesta RNP. 106
Ilustración 57: Terrenos baldíos, propuesta RNP. 106
Ilustración 58: Uso actual, finca la Estanzuela. 107
Ilustración 59: Clasificación taxonómica según el INAB, finca la Estanzuela. 108
Ilustración 60: Geología según el INAB, finca la Estanzuela. 108
Ilustración 61: Muestra de suelo, finca la Estanzuela. 109
Ilustración 62: Medición de pendiente en campo. 109
Ilustración 63: Mapa de pendientes cuenca del lago de Amatitlán. 110

Ilustración 64: Área de cultivo de café, finca la Estanzuela. 111
Ilustración 65: Mapa de capacidad de uso del suelo, INAB. 113
Ilustración 66: Áreas de cultivo de ciprés..... 114
Ilustración 67: Mapa de capacidad de uso del suelo, INAB. 116
Ilustración 68: Mapa de intensidad de uso del suelo. 116
Ilustración 69: Áreas inscritas en el PINFOR, finca la Estanzuela. 119
Ilustración 70: Crecimiento en diámetro de los árboles de ciprés. 123
Ilustración 71: Crecimiento en altura comercial de los árboles de ciprés. 124
Ilustración 72: Medición de árboles en pie. 127
Ilustración 73: Resumen densidad de árboles por hectárea. 128
Ilustración 74: Resumen volumen en m^3 de madera. 129
Ilustración 75: Distribución de las reservas naturales privadas en Guatemala. 130
Ilustración 76: Áreas de propuesta para reservas naturales privadas. 132
Ilustración 77: RNP 3, finca el Recreo. 135
Ilustración 78: RNP 1, finca Estanzuela. 135
Ilustración 79: RNP 3, finca el Recreo. 136
Ilustración 80: Ciclo hidrogeológico. 138
Ilustración 81: Vertientes de la República de Guatemala. 141
Ilustración 82: Corte transversal- divisorias de una cuenca hidrográfica. 143
Ilustración 83: División de una cuenca según su altitud. 145
Ilustración 84: Cuenca María Linda. 146
Ilustración 85: Ubicación de la cuenca María Linda. 146
Ilustración 86: Calidad de agua de la cuenca María Linda. 147
Ilustración 87: Cuenca del lago de Amatitlán. 147
Ilustración 88: Perímetro y longitud de una cuenca hidrográfica. 149
Ilustración 89: Cálculo de la pendiente de una cuenca hidrográfica. 151
Ilustración 90: Curva hipsométrica. 152
Ilustración 91: Forma de la curva hipsométrica. 153
Ilustración 92: Longitud del cauce principal de una cuenca hidrográfica. 154
Ilustración 93: Perfil longitudinal de un río. 154
Ilustración 94: Jerarquización de la red fluvial. 155
Ilustración 95: a) Flotador simple b) Flotador doble c) Bastón flotador 157
Ilustración 96: Levantamiento topográfico de la sección transversal. 158

Ilustración 97: Abertura primaria. 161
Ilustración 98: Abertura secundaria. 161
Ilustración 99: Hidráulica de pozos. 163
Ilustración 100: Interferencia de pozos. 164
Ilustración 101: Radio de influencia. 164
Ilustración 102: Escala pH. 168
Ilustración 103: Curva hipsométrica de la cuenca de estudio. 184
Ilustración 104: Cuenca del área de interés. 185
Ilustración 105: Perfil del río de interés. 186
Ilustración 106: Sección del río de julio 2014. 187
Ilustración 107: Mapa de inventario de pozos. 190
Ilustración 108: Mapa de inventario de pozos según tipo de pozo. 191
Ilustración 109: Mapa de inventario de pozos según producción del pozo. 192
Ilustración 110: Mapa de análisis de pendientes. 196
Ilustración 111: Ponderación de parámetros en pozos. 197
Ilustración 112: Escenario 1 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. 198
Ilustración 113: Escenario 2 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. 199
Ilustración 114: Escenario 3 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. 200
Ilustración 115: Perfil de agua subterránea. 202
Ilustración 116: Sección del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. 203
Ilustración 117: Mapa de zonas favorables para la recarga hídrica con pozos. 204
Ilustración 118: Toma de la muestra de agua P1 para análisis bacteriológico. 206
Ilustración 119: Toma de la muestra de agua P2 para análisis bacteriológico. 208
Ilustración 120: Toma de la muestra de agua P3 para análisis bacteriológico. 209
Ilustración 121: Toma de la muestra de agua P1 para análisis físico-químico. 210
Ilustración 122: Línea de aducción. 214
Ilustración 123: Perfil de línea de aducción. 215
Ilustración 124: Línea de conducción. 217
Ilustración 125: Fajas de cultivo. 220
Ilustración 126: Micro captación a dos aguas. 220
Ilustración 127: Método Guimarães Duque. 221
Ilustración 128: Método W. 221
Ilustración 129: Caída de agua. 224

Ilustración 130: Perfil caída de agua. 225
Ilustración 131: Ángulos solares. 227
Ilustración 132: Acumulador. 231
Ilustración 133: Inversor de corriente. 231
Ilustración 134: Corta circuitos. 232
Ilustración 135: Sistema FV interconectado con la red. 234
Ilustración 136: Sistema FV aislado. 235
Ilustración 137: Generación eólica. 236
Ilustración 138: Potencia instalada por año. 238
Ilustración 139: Potencia acumulada por regiones y tasas de variación. 238
Ilustración 140: Potencia instalada (MW) por años y países (Ranking acumulado). 239
Ilustración 141: Potencial eólico en Guatemala. 239
Ilustración 142: Velocidad del viento promedio anual y dirección predominante del viento modal anual. 240
Ilustración 143: Aerogenerador de eje horizontal. 241
Ilustración 144: Aerogenerador de eje vertical. 242
Ilustración 145: Partes de un aerogenerador. 242
Ilustración 146. Cimentaciones de una torre. 244
Ilustración 147: Costo unitario de explotación. 248
Ilustración 148: Comparación de luminarias. 251
Ilustración 149: Fotografía alumbrado público agosto 2014, Santa Elena Barillas, Villa Canales. 251
Ilustración 150: Toneladas de CO_2, según tipo de combustible, 1 MWh =3.6 GJ. 255
Ilustración 151: Distancia entre Santa Elena Barillas, Villa Canales y "Estación Sinóptica la Aurora. 257
Ilustración 152: Insolación promedio mensual de la "Estación sinóptica La Aurora", año 2011. 258
Ilustración 153: Insolación anual promedio por mensual de la "Estación sinóptica La Aurora", año 2011. 258
Ilustración 154: Coordenadas de Santa Elana Barillas, Villa Canales, Guatemala. 259
Ilustración 155: Coordenadas "Estación Sinóptica La Aurora", La Aurora Guatemala. 259
Ilustración 156: Localización de la finca san Antonio el sitio. 260
Ilustración 157: Componentes de la torre de medición. 261
Ilustración 158: Características del viento. 262
Ilustración 159: Velocidades del viento. 262
Ilustración 160: Localización de la finca el Rincón. 265
Ilustración 161: Comparación entre GAMSA vs VESTA. 266
Ilustración 162: Función Γ. 267

Ilustración 163: Histograma de velocidades del viento (período anual 8,760 horas). 269
Ilustración 164: Área eólica. 269
Ilustración 165: Proyección crecimiento poblacional municipio de Villa Canales. 274
Ilustración 166. Fotografía de alumbrado público de "Condado Santa Elena". 278
Ilustración 167: Curva de consumo mensual del sistema de 30 lámparas LED para alumbrado público. 281
Ilustración 168: Consumo anual KWh de lámparas de vapor de sodio de 100 watts. 282
Ilustración 169: Dimensiones de módulos HIT 240 watts. 285
Ilustración 170: Dimensiones de módulos poli cristalinos estándar de última generación. 288
Ilustración 171: Dimensiones de módulos poli-cristalinos estándar de última generación. 290
Ilustración 172: Micro inversor m215. 296
Ilustración 173: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase. 297
Ilustración 174: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores. 297
Ilustración 175: Identificación de líneas de cableado para micro-inversores emphase. 298
Ilustración 176: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase. 298
Ilustración 177: Cableado e instalación de micro-inversores emphase. 298
Ilustración 178: Conectores y accesorios para micro-inversores emphase. 299
Ilustración 179: Termo interruptor. 300
Ilustración 180: Tablero de conexiones AC, 240 voltios, corriente monofásica. 300
Ilustración 181: Contado bidireccional. 300
Ilustración 182: Postes de iluminación con lámparas tipo LED de 30 watts de consumo. 301
Ilustración 183: Generación de energía considerando pérdidas por cableado y micro-inversores. 302
Ilustración 184: Consumo energético anual por sistema de 30 lámparas LED de 30 watts. 303
Ilustración 185: Partes del árbol. 323
Ilustración 186: Partes del tronco. 324
Ilustración 187: Planos de corte de la madera. 324
Ilustración 188: Instalación de paneles solares. 328
Ilustración 189: Calentador solar. 329
Ilustración 190: A-Panel sin cubierta, B-Panel con cubierta. 329
Ilustración 191: Lámpara incandescente. 332
Ilustración 192: Lámpara CLF (fluorescente compacta). 332
Ilustración 193: Lámpara LED. 333
Ilustración 194: Iluminación directa. 334
Ilustración 195: Luz difusa. 335

Ilustración 196: Diagrama de flujo de ventilación cruzada. 335
Ilustración 197: Recolección de agua pluvial. 336
Ilustración 198: Partes del techo verde. 339
Ilustración 199: Ejemplo 1 techo verde. 340
Ilustración 200: Ejemplo 2 techo verde. 341
Ilustración 201: Ejemplo 3 techo verde. 341
Ilustración 202: Ejemplo 4 pared verde. 342
Ilustración 203: Número de planetas Tierra necesarios para abastecer las necesidades humanas. 343
Ilustración 204: Principales componentes de la huella de carbono en un país desarrollado. 346
Ilustración 205: Implementación conjunta según tipo, cantidad y unidades de reducción de emisiones. 348
Ilustración 206: Proyectos según tipo, cantidad y certificados de reducción de emisiones emitidos. 349
Ilustración 207: Grado de certificación de la obra acorde a los puntos obtenidos. 355
Ilustración 208: Sección de pavimentos flexibles y rígidos. 358
Ilustración 209: Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos. 358
Ilustración 210: Tipo de superficies de rodadura en pavimentos flexibles. 359
Ilustración 211: Comparativos en Q de escenarios. 373
Ilustración 212: Comparativos en kWh de escenarios. 373
Ilustración 213: Comparación de recuperación de inversión. 374
Ilustración 214: Comparación de recuperación de inversión de calentador solar más paneles solares. 376
Ilustración 215: Diseño ambientes planta baja. 377
Ilustración 216: Diseño ambientes planta alta. 377
Ilustración 217: Sección en isométrica de diagrama de ventilación cruzada. 378
Ilustración 218: Sección en elevación de diagrama de ventilación cruzada. 378
Ilustración 219: Sección en planta del diagrama de ventilación cruzada. 379
Ilustración 220: Comedor. 379
Ilustración 221: Sala perspectiva 1. 380
Ilustración 222: Sala perspectiva 2. 380
Ilustración 223: Sala familiar. 381
Ilustración 224: Dormitorio principal. 381
Ilustración 225: Vista aérea desde el suroeste. 382
Ilustración 226: Vista panorámica de la casa por fuera. 382
Ilustración 227: Precipitación promedio por mes. 384
Ilustración 228: Volumen recolectable. 385

Ilustración 229: Chequeo capacidad de captación. 386
Ilustración 230: Detalle entrepiso. 387
Ilustración 231: Vigas de techo. 388
Ilustración 232: Detalles entrepiso y techo. 388
Ilustración 233: Columna. 389
Ilustración 234: Detalle de balcón. 390
Ilustración 235: Planta baja de casa propuesta para Condado Santa Elena. 392
Ilustración 236: Planta alta de casa propuesta para Condado Santa Elena. 393
Ilustración 237: Elevación este de casa propuesta para Condado Santa Elena. 393
Ilustración 238: Elevación norte de casa propuesta para Condado Santa Elena. 394
Ilustración 239: Elevación oeste de casa propuesta para Condado Santa Elena. 394
Ilustración 240: Elevación sur de casa propuesta para Condado Santa Elena. 394
Ilustración 241: Diseño estructural de muro prefabricado. 397
Ilustración 242: Toneladas de CO_2 emitidas debido al material de construcción utilizado. 399
Ilustración 243: Comparación de consumo de agua por dispositivos ahorradores y convencionales. 410
Ilustración 244: Fragmento del mapa de red vial 2011. 417
Ilustración 245: Clasificación funcional de carreteras dentro del proyecto “Condado Santa Elena”. 418
Ilustración 246: Puntos de mediciones de carreteras. 419
Ilustración 247: Fotos del estado de la carretera en el punto de medición #1. 420
Ilustración 248: Fotos del estado de la carretera en diferentes puntos. 421
Ilustración 249: Ausencia de hombros y cunetas. 421
Ilustración 250: Derecho de vía y sección transversal típica de una carretera. 422
Ilustración 251: Aforos vehiculares. 422
Ilustración 252: Composición del tráfico. 423
Ilustración 253: Composición del tráfico vehicular GUA-10. 423
Ilustración 254: Área de estudio para el análisis del desarrollo vial. 424
Ilustración 255: Propuesta de escenario #1 de áreas del proyecto. 425
Ilustración 256: Propuesta de escenario #2 de áreas del proyecto. 426
Ilustración 257: Propuesta de escenario #3 de áreas del proyecto. 427
Ilustración 258: Tipo de vehículos que transitan por el área de desarrollo del proyecto. 429
Ilustración 259: Puntos de muestra de suelo dentro del proyecto “Condado Santa Elena”. 430
Ilustración 260: Preparación para hacer la calicata. 431
Ilustración 261: Calicata. 431

Ilustración 262: Calicata. 432
Ilustración 263: Calicata. 432
Ilustración 264: Muestra de suelo. 433
Ilustración 265: Interface de WINPAS para el cálculo de ESALs (Escenario #3). 439
Ilustración 266: Cálculo de número estructural (Escenario #3). 441
Ilustración 267: Sección típica de vía principal, fase 1. 444
Ilustración 268: Sección típica de vía principal, fase 2. 445
Ilustración 269: Sección típica de vía secundaria. 446
Ilustración 270: Propuesta de vía alterna para mitigar el impacto vial del proyecto Condado Santa Elena. 450
Ilustración 271: Precios unitarios por cada reglón. 454
Ilustración 272: Rutas para caminar desde el proyecto hasta paradas de transporte público. 461
Ilustración 273: Rutas para caminar desde el vecindario hacia diferentes tipos de servicios. 462
Ilustración 274: Almacenamiento público de bicicletas. 464
Ilustración 275: Diseño de proyecto con 140 intersecciones por milla cuadrada. 465
Ilustración 276: Diseño de proyecto con 90 intersecciones por milla cuadrada. 465
Ilustración 277**:** Referencia de calle sombreada por árboles. 466

RESUMEN

La propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial del Condado Santa Elena consiste en la investigación e identificación de los recursos disponibles y de las necesidades básicas de Santa Elena Barillas Villa Canales, Guatemala, a fin de proponer un desarrollo urbano que sea ordenado y de bajo impacto ambiental. En la primera fase del Megaproyecto se recolectó la información teórica más importante con el fin de identificar los recursos, necesidades y problemáticas de dicha área. En la segunda fase se subdividieron los temas de importancia, según los recursos potenciales y las necesidades identificadas, entre los miembros de este Megaproyecto con el objetivo de desarrollar soluciones viables que fomenten el progreso de este condado.

El constante cambio del mundo en el que vivimos ha provocado un aumento en el desarrollo físico de las áreas urbanas, conocido como urbanización, lo cual ha implicado el desplazamiento de personas desde las zonas rurales hacia las urbes. Este fenómeno va de la mano con la modernización, industrialización y la teoría social de la racionalización que, según Castro Gómez, hace referencia a cómo las sociedades se han sometido a un proceso de ordenamiento y sistematización con el fin de predecir y controlar la vida (Castro Gómez, 1998). Para comprender éste fenómeno y el funcionamiento de las zonas urbanas se definirá qué significa y representa el término "ciudad". Posteriormente se analizarán de manera breve antecedentes de otras ciudades que han manejado su crecimiento mediante la implementación de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Se recolectó información sobre diversos aspectos de la situación de años atrás y la situación actual del Condado Santa Elena. Se investigaron los cambios en los datos demográficos, los servicios básicos y la ocupación urbana de dicha área con el fin de determinar y analizar la tendencia de crecimiento del Condado Santa Elena. Esto con el fin de proponer soluciones viables que resuelvan las posibles problemáticas ligadas a este crecimiento y que permitan tener un mayor control del mismo en el futuro.

Se analizó la capacidad del suelo para lo que se definió el concepto de tierra, suelo, disponibilidad de tierras y estado actual de utilización de las mismas. Con base en lo anterior, y según la metodología establecida por la Food and Agriculture Organization (FAO) y el Instituto Nacional de Bosques (INAB), se identificó el suelo como subutilizado, sobre utilizado, o bien, adecuadamente utilizado. También se analizaron los bosques de las áreas involucradas, específicamente los pertenecientes a la Finca la Estanzuela, enfocándose en aquellos que actualmente no tienen un uso específico y que aparentemente no poseen ningún valor productivo. Se planteó una propuesta para establecer dichos bosques como Reservas Naturales Privadas dando así un valor agregado no solo a la finca sino a la comunidad en general. Por otro lado, se planteó una proyección de la producción maderera de ciprés que se tendrá en el futuro con el fin de llevar a cabo un plan para el empleo de la madera.

Se planteó una nueva metodología para el establecimiento de un Plan de Ordenamiento Territorial enfocada en el turismo sostenible. Dicha propuesta consiste de tres fases: 1) identificación de potenciales turísticos y servicios turísticos dentro del área; 2) creación de rutas turísticas y unificación de las áreas con actores involucrados; 3) planificación de mercadeo y publicidad y atracción de inversionistas. Cabe mencionar que se hizo énfasis en la primera fase ya que de ésta depende el desarrollo de las demás. Para esto fue necesario analizar el potencial turístico de la parte sur este del lago de Amatitlán, Guatemala, tomando en cuenta la capacidad del uso de la tierra y las características de dicha región. Esta área engloba el municipio de Villa Canales el cual se determinó tiene un gran potencial turístico. Sin embargo, no se ha considerado ni planificado el aprovechamiento de este municipio para alcanzar su completo desarrollo. No obstante, se desarrollaron dos propuestas de circuitos turísticos dentro de los cuales se incluyen las principales actividades y atracciones culturales, naturales y de aventura presentes en la región.

El estudio de los recursos hídricos del Condado Santa Elena se orientó a la evaluación de dichos recursos como fuente principal de abastecimiento de agua para el proyecto en el futuro. Se considera que éste es un aporte bastante importante para el desarrollo del Plan de Ordenamiento Territorial de la región dado que ésta posee muchos problemas ligados al suministro de agua. Para llevar a cabo esta investigación se analizaron las características de los pozos y del río presentes en el área de estudio. Se realizó un análisis de cuenca en el que se tomó en cuenta diversos factores como el área, perímetro, longitud de la cuenca, longitud del cauce del río, factor de forma, coeficiente de compacidad, orden de la cuenca, densidad de drenaje, curva hipsométrica, perfil del cauce y tiempo de concentración. La descripción de los recursos hídricos subterráneos de la región sirvió para realizar un mapa para la zonificación de áreas favorables para la recarga hídrica. Además, se realizó un inventario de los pozos existentes en el área de influencia, el cual puede servir como una base de datos de fuentes de agua subterránea y puede ser utilizado para crear un perfil que describa el comportamiento del recurso hídrico subterráneo. Por último, se llevaron a cabo exámenes físico-químicos y bacteriológicos de los recursos hídricos del área de estudio con el fin de evaluar, de manera general, la situación del agua en términos de calidad.

Actualmente en Guatemala ha surgido la necesidad de reducir el gasto en el alumbrado público, tanto para el beneficio de los ciudadanos como para reducir el impacto ambiental. La implementación de un proyecto de urbanización también debe tomar en cuenta el ahorro económico a mediano y largo plazo, por lo que se consideró necesario implementar una solución energética eficiente utilizando los recursos disponibles en el mercado. Se investigó la implementación de un sistema de iluminación que sea innovador y que pueda aplicarse al proyecto del Condado Santa Elena. Sería ideal que dicho sistema de iluminación se tome como referencia para proyectos de urbanización que surjan en Guatemala en el futuro.

Guatemala tiene varios lugares que cuentan con el potencial para generar energía eólica, entre los que se encuentra Villa Canales. Se considera factible utilizar este tipo de energía en el Condado Santa Elena dado la cercanía de este proyecto con Villa Canales. Además, se considera que la utilización de energía eólica tendría un impacto ambiental positivo y sería menos costosa. La energía eléctrica generada por los aerogeneradores podría ser utilizada para proveer de energía a las casas de los habitantes del condado, al alumbrado público y a las comunidades cercanas. Para respaldar dicha propuesta se realizó un estudio de la velocidad y el volumen del viento que atraviesa el Condado Santa Elena para determinar qué tipo de aerogeneradores es el más adecuado para colocar. Además, se realizó un estudio de la rentabilidad económica que tendría colocar los aerogeneradores en un lugar óptimo dentro del condado en el que pudieran producir la mayor cantidad de energía eléctrica posible.

En cuanto al tema de construcción verde en madera se cubrieron diversos temas importantes dentro de los cuales se evaluó el desarrollo del diseño de una casa verde. Se buscó plantear un diseño integral que no solo cumpla con implementar sistemas verdes sino que se complemente con la creación de una casa arquitectónicamente estética y funcional. Algunos de los sistemas verdes propuestos para dicho diseño consisten en la utilización de paneles solares, la recolección de agua pluvial, la implementación de un sistema de iluminación con luz natural y la ventilación cruzada. Además se buscó implementar medidas constructivas que favorecieran la reducción de las emisiones de dióxido de carbono para mitigar el impacto ambiental de la construcción. Por lo tanto, fue necesario utilizar guías de construcción que permitieran edificar casas cuya construcción y operación fomenten el desarrollo sostenible de la región.

Por último, se llevó a cabo un análisis sobre la situación vial actual existente en el área de estudio con el fin de planear el diseño estructural de las vías por construir. Esto para asegurar que dichas vías cumplan con todos los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional y económica.

I. INTRODUCCIÓN

La propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial del Condado Santa Elena, ubicado en Santa Elena Barrillas, Guatemala, se caracteriza por describir los parámetros a considerar para fomentar el desarrollo urbanístico, agrícola, hidrológico, energético, turístico, ecológico, de vivienda y de manejo de bosques en dicha región. Se expuso el análisis demográfico de la población y se analizó la tendencia de crecimiento urbano con el fin de obtener la distribución demográfica del área de estudio. Esto debido a que el crecimiento de una población está acompañado por el suministro de vivienda, infraestructura y servicios básicos. Se considera que este tema es de suma importancia para la toma de decisiones correctas en cuanto a la construcción y distribución urbanística integral del Condado Santa Elena.

Se llevó a cabo el estudio de los bosques de las fincas aledañas a la aldea Santa Elena Barillas, Villa Canales, en las que se pretende realizar proyectos de desarrollo para el área de estudio. Para esto fue necesario considerar la capacidad de uso del suelo y el potencial productivo de la región. Este análisis pretende brindar un marco de referencia para la elaboración de un Plan de Ordenamiento Territorial que incluya todas las áreas involucradas, las cuales abarcan un territorio de alrededor de 20 kilómetros cuadrados situado al suroeste del lago de Amatitlán. Como parte de dicho análisis se investigaron los recursos hídricos presentes en el área destinada para la propuesta del proyecto Condado Santa Elena. Se consideró de suma importancia realizar un reconocimiento de los recursos hídricos que posee el área de interés con el objetivo de encontrar las fuentes de agua, describirlas y analizar su estado actual.

Para asegurar el adecuado desarrollo urbanístico de una población se debe contar con un sistema de alumbrado público que sea eficiente, de buena calidad y amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, se evaluó la implementación de un sistema de alumbrado público en el Condado Santa Elena que cuente con lámparas LED de bajo consumo y sistema fotovoltaico. Además, se desarrollaron otras propuestas de alumbrado público para comprobar cuál de estas representa un ahorro económico y energético significativo. Por otro lado, se analizó el potencial eólico del Condado Santa Elena con el fin de determinar si es posible construir un parque eólico en el área que genere energía limpia.

Se realizó una propuesta de construcción verde para implementar en el Condado Santa Elena con el fin de reducir el impacto ambiental negativo. Dicha propuesta se basa en la utilización de materiales de construcción verdes y en la implementación de sistemas que contribuyen al ahorro de energía. De igual manera, se buscó crear una normativa que pueda utilizarse durante el proceso constructivo del Condado Santa Elena con el objetivo de disminuir la huella de carbono ocasionada por las diferentes actividades que conlleva una construcción. Por último, es necesario mencionar que se evaluó la red vial de carreteras que influyen en el Condado Santa Elena ya que éstas pueden determinar el crecimiento urbano del área y pueden fomentar el desarrollo demográfico y económico de la región. Se buscó realizar una propuesta de diseño estructural del pavimento que cumpla con la norma AASHTO 1993.

II. JUSTIFICACIÓN

La propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial del Condado Santa Elena ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala, surge de la visión de varios inversionistas que residen en dicha área y que buscan crear un proyecto que fomente el desarrollo sostenible ecológico y que atraiga a familias que desean vivir en un ambiente exclusivo y seguro. Debido a esto, surge el megaproyecto llamado "Propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial del Condado Santa Elena", el cual busca comprobar, por medio de sus integrantes, si es posible realizar este desarrollo según las características del área de interés y según la información recaudada a partir de sus pobladores. Este plan busca cumplir con todos los parámetros que permitan desarrollar adecuadamente el condado, así como también servir de guía para otros proyectos parecidos que surjan en Guatemala en el futuro. Se desea realizar el proyecto para lograr la descentralización de la metrópoli de Guatemala a fin de aliviar problemas como el tráfico, la contaminación, inseguridad y sobrepoblación de la ciudad.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Elaborar una propuesta de plan de ordenamiento territorial con criterios aplicables al área de trabajo, fincas aledañas al lago de Amatitlán, Santa Elena Barrillas y Villa Canales.

B. Objetivos específicos

- Determinar la tendencia del crecimiento y analizar la distribución espacial del crecimiento urbanístico del área de influencia del proyecto Condado Santa Elena.
- Proponer un plan de desarrollo turístico para un área al sureste del lago de Amatitlán, municipio de Villa Canales, por medio de la metodología de elaboración de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT).
- Realizar una caracterización de las áreas de la finca y los bosques existentes según la capacidad de uso del suelo y evaluar el potencial productivo.
- Analizar y evaluar el potencial del agua subterránea del proyecto "Condado Santa Elena".
- Reconocer y caracterizar los recursos hídricos superficiales que posee el área de análisis.
- Diseñar e implementar un sistema de alumbrado público que funcione con energía solar para aplicarlo en el Condado Santa Elena con el fin de evaluar si existe ahorro de recursos económicos y reducir el impacto ambiental.
- Evaluar la utilización del recurso eólico, para la producción de energía eólica para el proyecto Condado Santa Elena, para el suministro de dicho servicio.
- Realizar una propuesta del diseño arquitectónico y estructural para la construcción de una vivienda verde, de clase media, a base de madera.
- Generar una guía técnica que pueda ser útil durante el proceso constructivo del Condado Santa Elena que logre una disminución considerable y representativa en el impacto al medio ambiente y así aplicar a que la edificación sea certificada como "verde".
- Presentar al desarrollador una herramienta técnica y económica para toma de decisiones del tipo de red vial a desarrollar y su incidencia en la red vial existente en el área.

IV. METODOLOGÍA

A. Fase inicial

Según los objetivos establecidos se determinaron las tareas principales que se llevarían a cabo, las cuales básicamente consistieron en: delimitar la zona de estudio y la zona de interés; visitar el área de interés para obtener información sobre el territorio de trabajo y sobre los datos necesarios para realizar la investigación; recopilar información primaria y secundaria pertinente para poder llevar a cabo el diseño del trabajo; realizar una búsqueda bibliográfica para determinar el significado de ciudad y de todos los términos importantes relacionados con dicho concepto. Para la propuesta de un Plan de Ordenamiento Territorial se analizaron teorías de planificación empleadas en diferentes lugares y se evaluaron sus resultados con el fin de seleccionar las teorías y estrategias que pudieran aplicarse mejor al área de estudio. Además, fue necesario determinar el área de mapeo para lo cual se utilizó la hoja cartográfica de Amatitlán y fotografías aéreas del área de interés con el fin de establecer la escala y el nivel de detalle adecuados para el mapa.

B. Fase de campo

Se identificó el uso que actualmente se le está dando al suelo, ubicado en la región de interés, mediante la fotointerpretación y la utilización de herramientas como QGIS 2.2. Además, se recopilaron y analizaron muestras y datos del área de estudio para determinar cómo se podría potencializar el uso de los recursos presentes en el Condado Santa Elena con el fin de desarrollar un proyecto ecológico auto-sostenible. Se recopiló información del área de estudio en la Municipalidad de Villa Canales e instituciones públicas como el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN). La información recolectada sirvió para determinar la situación actual de la región y para preparar mapas del área utilizando la herramienta Quantum Gis. Además, se observó el estado de los servicios públicos actuales del municipio de Villa Canales mediante visitas al poblado.

C. Fase final

En esta fase se preparó el contenido, la forma y las cuestiones prácticas relacionadas con la implementación y el funcionamiento de la propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial del Condado Santa Elena. Para lograr esto fue necesario llevar a cabo el mapeo de toda la información recopilada utilizando la herramienta Quantum Gis y realizando ilustraciones de diversos aspectos del área de interés. De acuerdo a toda la información recolectada fue posible plantear soluciones para los problemas actuales que experimenta la región, así como también evaluar la viabilidad de desarrollar proyectos en el futuro. Por último, se preparó una presentación final que contara con toda la información necesaria para que cualquier persona, familiarizada o no con el tema, pueda comprender el contenido de la propuesta.

V. MARCO REFERENCIAL

A. Ubicación y delimitación

El área de estudio con la cual se estará tratando durante el desarrollo del presente proyecto consiste en un grupo de fincas de café, fincas de caña, terrenos boscosos, entre otros. Este espacio se convertirá en el "Condado Santa Elena". Actualmente, esta tierra que está a disponibilidad para el estudio, se encuentra ubicada aledaña a la parte sur del lago de Amatitlán, teniendo vecindad con Santa Elena Barillas, Villa Nueva y Villa Canales. Sus coordenadas en WGS84 son: -90.5834°W, 14.4606°N; -90.5834°W, 14.4068°N; -90.4996°W, 14.4068°N y -90.4996°W, 14.4606°N. El área comprendida por el "Condado Santa Elena" consta de 18.9 km^2.

B. Topografía del área de estudio

El área de estudio se caracteriza por ser una zona montañosa que posee una altura mínima de 1200 metros sobre el nivel del mar y una altura máxima de 1900 metros sobre el nivel del mar. Además, es un área con mezcla de pendientes pronunciadas y planicies. La parte plana de la zona se conforma por todas las fincas destinadas a la agricultura. Las áreas con pendiente moderada son pequeñas y están dispersas formando valles angostos, carentes de vías de comunicación.

C. Geología

La geología del área de estudio, según el Mapa Geológico de Guatemala proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), se compone principalmente de Rocas Cuaternarias, Rocas del Terciario y Rocas del Cretáceo.

1. Rocas del cuaternario. El período cuaternario se encuentra caracterizado por una gran producción de depósitos piroclásticos, que actualmente forman una cubierta muy vasta de rocas precuaternarias. La formación de grandes acumulaciones de lavas en las cercanías de los cráteres volcánicos se dio en este período. Las rocas que pertenecen a este grupo y son parte de la zona de estudio son: pómez de dacita y riodacita, aluvión y coluvión. (Losilla, Marcelino *et.al*, 2001)

El aluvión y coluvión se trata de un estrato permeable formado por fragmentos de rocas meteorizadas. Este grupo de materiales no se considera como una roca consolidada debido a la falta de cohesión entre sus componentes. Los aluviones son materiales transportados y depositados por corrientes de agua; consisten de materiales como arenas, gravas o arcillas. Materiales de una textura determinada con frecuencia se depositan sobre materiales de distintos tamaños, dando como resultado sedimentos estratificados. Los coluviones son materiales transportados por gravedad y con frecuencia se encuentran entremezclados con los aluviones. Las zonas montañosas con abundantes laderas inclinadas que producen corrimientos de tierras, se caracterizan por poseer grandes depósitos coluviales. (Thompson, Troeh, 1988)

La pómez de dacita y riodacita son rocas ígneas que pertenecen a la misma familia de rocas extrusivas. La composición química de la riodacita se encuentra entre la dacita y la riolita. La dacita es una roca que posee gran cantidad de hierro y su composición química se encuentra entre la de una andesita y la de la riolita. Al momento de ser pómez se puede observar su gran cantidad de poros que al momento de estar interconectados pueden ser un gran acuífero que permita el paso del agua subterránea. (López, 2010)

2. Rocas del terciario. Las rocas pertenecientes al terciario son una acumulación de productos volcánicos de formaciones muy variadas; como por ejemplo: lavas andesíticas, basálticas, tobas, entre otras. Estas rocas fueron afectadas por la tectónica del terciario y cuaternario, lo que dio como resultado un intenso fraccionamiento de las mismas. Las rocas que pertenecen a este grupo y son parte de la zona de estudio son: las andesitas. (Losilla, Marcelino *et. al*, 2001). La andesita es una roca volcánica que una vez se encuentre fracturada permite la presencia de agua lo que lo convierte en un muy buen acuífero. Estas rocas poseen plagioclasas y ferromagnésicos. La variación de estos parámetros puede hacer cambiar su clasificación y son fáciles de confundir al momento de catalogarlas. (Dercourt, Paquet, 1984)

3. Rocas del cretáceo. Las rocas del cretáceo incluyen rocas metamórficas, granitos calizas y dolomitas. Los granitos forman el límite septentrional del Valle de Guatemala. La roca que pertenece a este grupo y es parte de la zona de estudio es el granito de biotita. (Losilla, Marcelino *et. al*, 2001). El granito de biotita es una roca ígnea que posee una muy buena conducción de agua subterránea una vez se encuentre fracturado. Los granitos son rocas que afloran en grandes macizos, son de colores claros, con granos individualizados y poseen una gran homogeneidad. (Dercourt, Paquet, 1984)

D. Suelos

Los tipos de suelos presentes en el área de interés, según el Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos Primera Aproximación de la República de Guatemala proporcionado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) son de órdenes taxonómicos: andisoles y mollisoles.

1. Andisoles. Los andisoles son suelos derivados de los depósitos de material volcánico. Estos suelos sufren un rejuvenecimiento frecuente y se enriquecen con los materiales orgánicos que pueden ser depositados en ellos. Por lo tanto, son suelos que poseen un alto potencial de fertilidad. La estructura presente en estos suelos es muy buena, lo que proporciona un buen drenaje y buena retención de humedad. La textura de este tipo de suelo suele ser bastante gruesa o arenosa esto debido a su alto contenido de vidrio volcánico y a su cercanía a los volcanes. En condiciones de fuerte pendiente este tipo de suelo tiende a erosionarse con facilidad. Los usos más comunes que se le dan a estos suelos son para ganadería y producción de café. (Méndez, Monge-Nájera, 2003)

2. Mollisoles. Los mollisoles son suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con un alto contenido de material orgánico y una ligera cantidad de arcillas. Estos suelos son bastante fértiles

y poseen características físicas y químicas, que les permiten ser aptos para la producción agrícola. La presencia de este tipo de suelo se hace común en lugares planos o casi planos. La capacidad de retención de agua es menor en este tipo de suelo en comparación con los andisoles. Los mollisoles son apropiados para mantener en áreas protegidas, debido a que en algunas ocasiones se encuentran reposados sobre roca caliza; su profundad no es mucha. (MAGA, 2000)

E. Uso actual de la tierra

El mapa de uso actual de la tierra es elaboración propia, mediante la visita al área de interés e identificación de todos los lugares y sus usos. Esto se pudo llevar a cabo a través de la ayuda de varias personas que han vivido varios años en las cercanías del lugar y poseen muchos conocimientos sobre el tema. Los principales usos que se pudieron identificar dentro del área de estudio son: área de bosque virgen, área de plantaciones de árboles de pino, área de plantaciones de caña y café, área exclusiva de construcción y un área de uso mixto, en donde se pueden encontrar ciertas zonas con bosque y cierto grado de urbanización.

F. Vegetación

La vegetación natural primaria está constituida principalmente por árboles de pino; sin embargo, en el área se pueden encontrar cultivos perennes como el café. Las distintas fincas presentes en el área de estudio cuentan con cultivos de maíz, caña de azúcar y algunas plantaciones de bambú. Utilizando como base un mapa proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) se hizo un levantamiento del tipo de vegetación general que existe en el área de estudio. Como se puede observar en el mapa existen zonas que poseen bosque muy denso con distintos tipos de vegetación dentro de las mismas, con árboles que tienen una altura mínima de 3 metros. Otra zona identificada es la de bosque que no es tan denso y el recubrimiento del terreno es relativamente menor que la zona anteriormente mencionada. El tercer tipo de zona con el que se cuenta es una tierra que cuenta con cierto número de árboles que se encuentran dispersos, por lo que el recubrimiento vegetal no es muy alto. La zona más común es la de las plantaciones anteriormente descritas. Por último, el área de estudio cuenta con zonas que poseen una cobertura vegetal casi nula; con una cantidad limitada de árboles y un suelo con cierto grado de erosión.

Ilustración 1: Vegetación del lugar.



Fuente: Elaboración propia.

G. Clima

El municipio de Amatitlán está ubicado en una zona de bosque subtropical templado húmedo cuyas condiciones varían según las estaciones de verano o invierno según Holdridge. Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), la época de lluvia es entre los meses de mayo y octubre. Las temperaturas máximas y mínimas promedio que se tienen en el municipio de Amatitlán son: 27.5°C y 14.5°C respectivamente. La precipitación anual promedio se pudo observar en el mapa de isoyetas medias anuales, elaborado por el Insivumeh, cuyo valor es de 2,000 mm anuales; la humedad relativa es del 76% y la evaporación anual promedio es de -99 mm.

H. Hidrografía

El río que se analizará es el que se hace presente en las fincas que forman parte del área de estudio. Éste nace en la finca "Las Delicias" y tiene su desembocadura en el lago de Amatitlán. Además, se puede observar que dicho río se une a un tributario cercar de la finca "Escamilla" justo antes de llegar al lago. El río principal es de vital importancia para el presente proyecto ya que es fuente directa de abastecimiento de agua. El cuidado y manejo integral del mismo es uno de los objetivos que se deben trazar los desarrolladores de los proyectos, debido a que es un río intermitente.

El río principal es vulnerable a la contaminación debido a la actividad humana, ya que en el nacimiento del mismo; las personas han construido una pila comunal. Al momento de lavar su ropa, el agua que sale de allí lleva consigo detergente y en muchas ocasiones basura que en su mayoría son las bolsas plásticas que contienen el detergente que utilizan. Por lo tanto, se puede identificar la fuente y la localización de contaminación primaria que tiene el río. Lo lamentable del caso es que dicha contaminación sucede en el nacimiento por lo que todo el río se ve afectado.

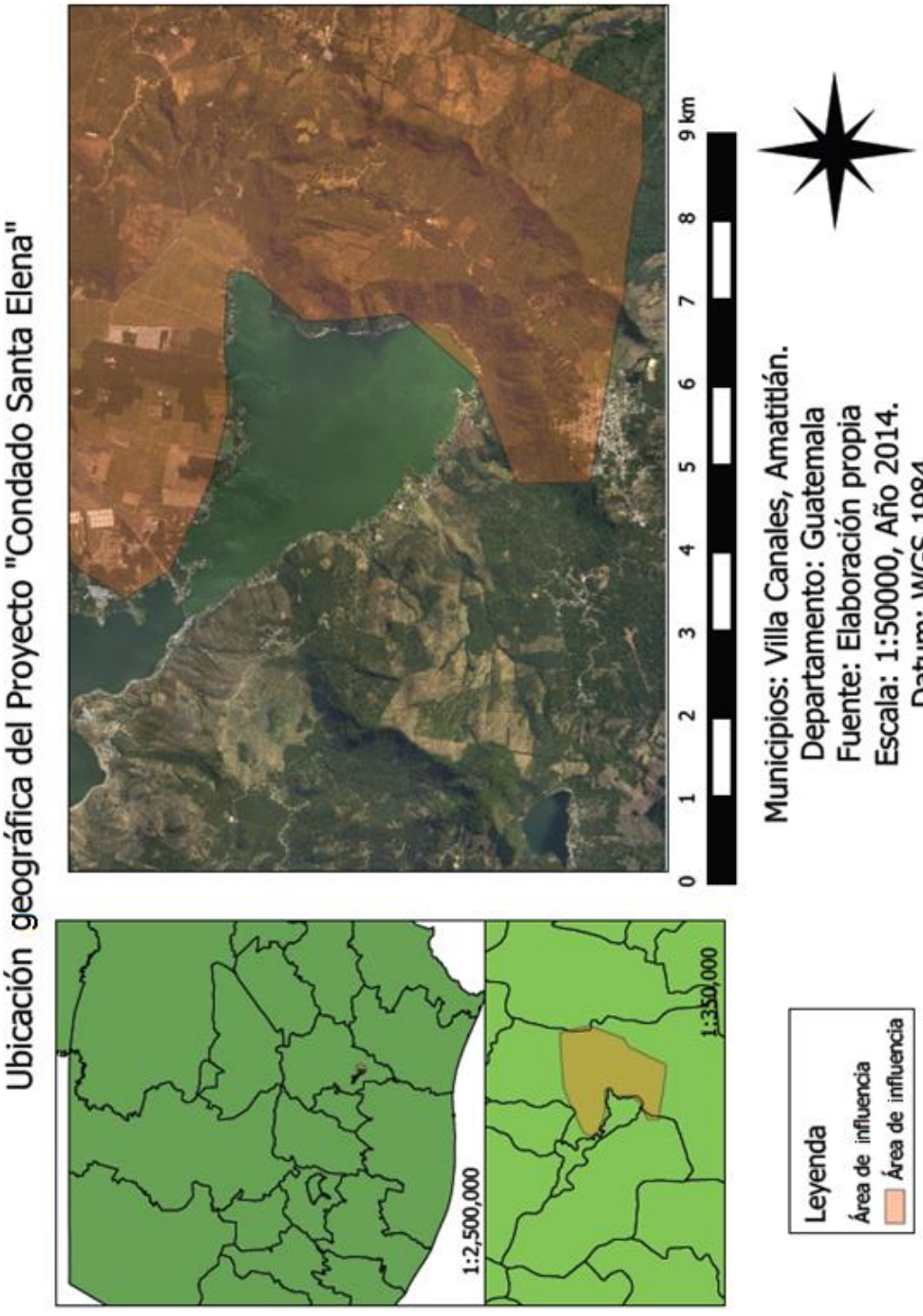
Las aplicaciones que podría tener este río para el proyecto podrían ser: abastecimiento de agua, construcción de un embalse para mantener la distribución de agua constante a través del año y una micro hidroeléctrica. Existe una caída de agua considerable cerca de la unión del río con su tributario en los límites de la finca "Escamilla"; por lo que vale la pena llevar a cabo un estudio para su factibilidad.

Ilustración 2: Nacimiento del río principal.



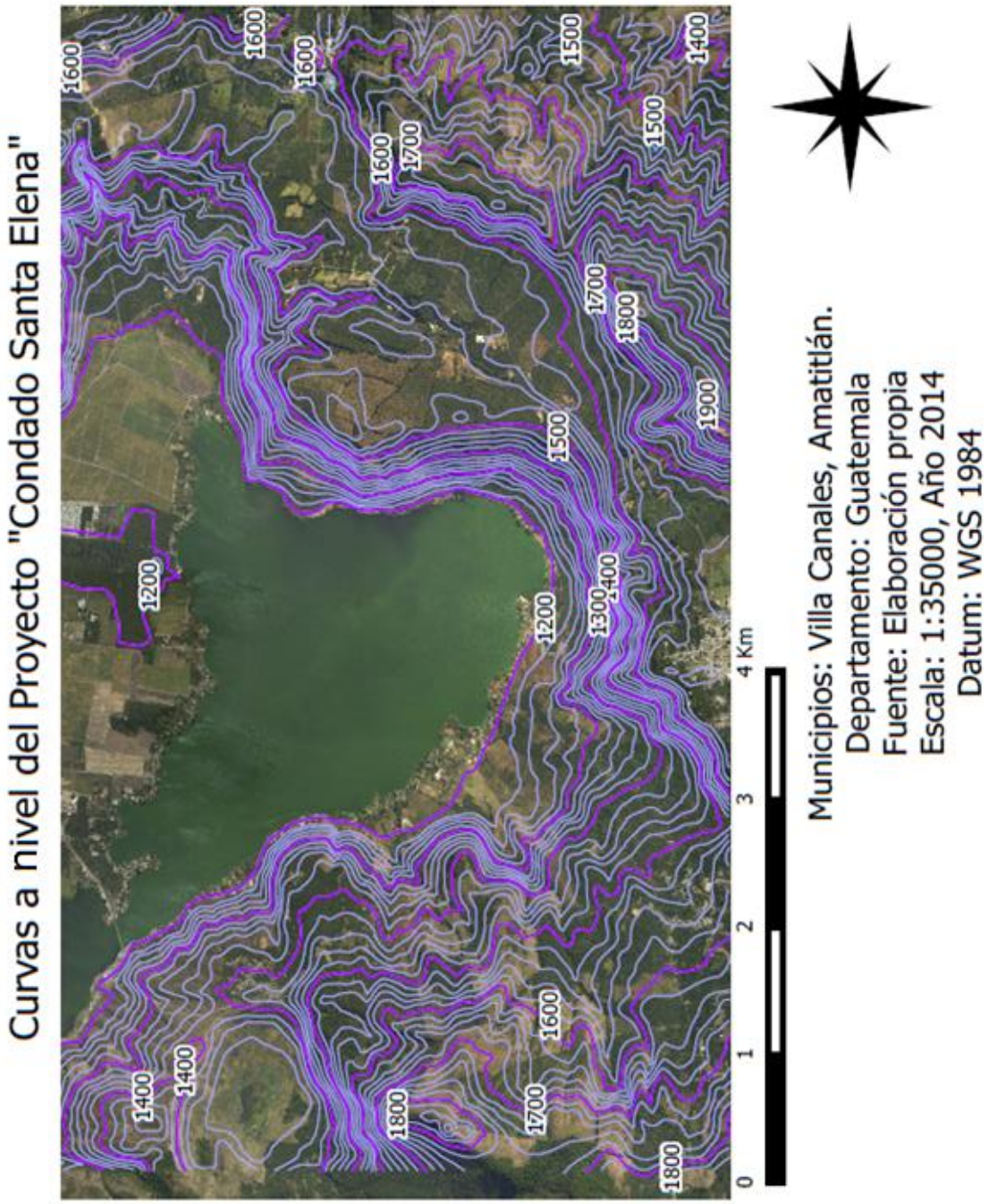
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3: Ubicación geográfica del Condado Santa Elena



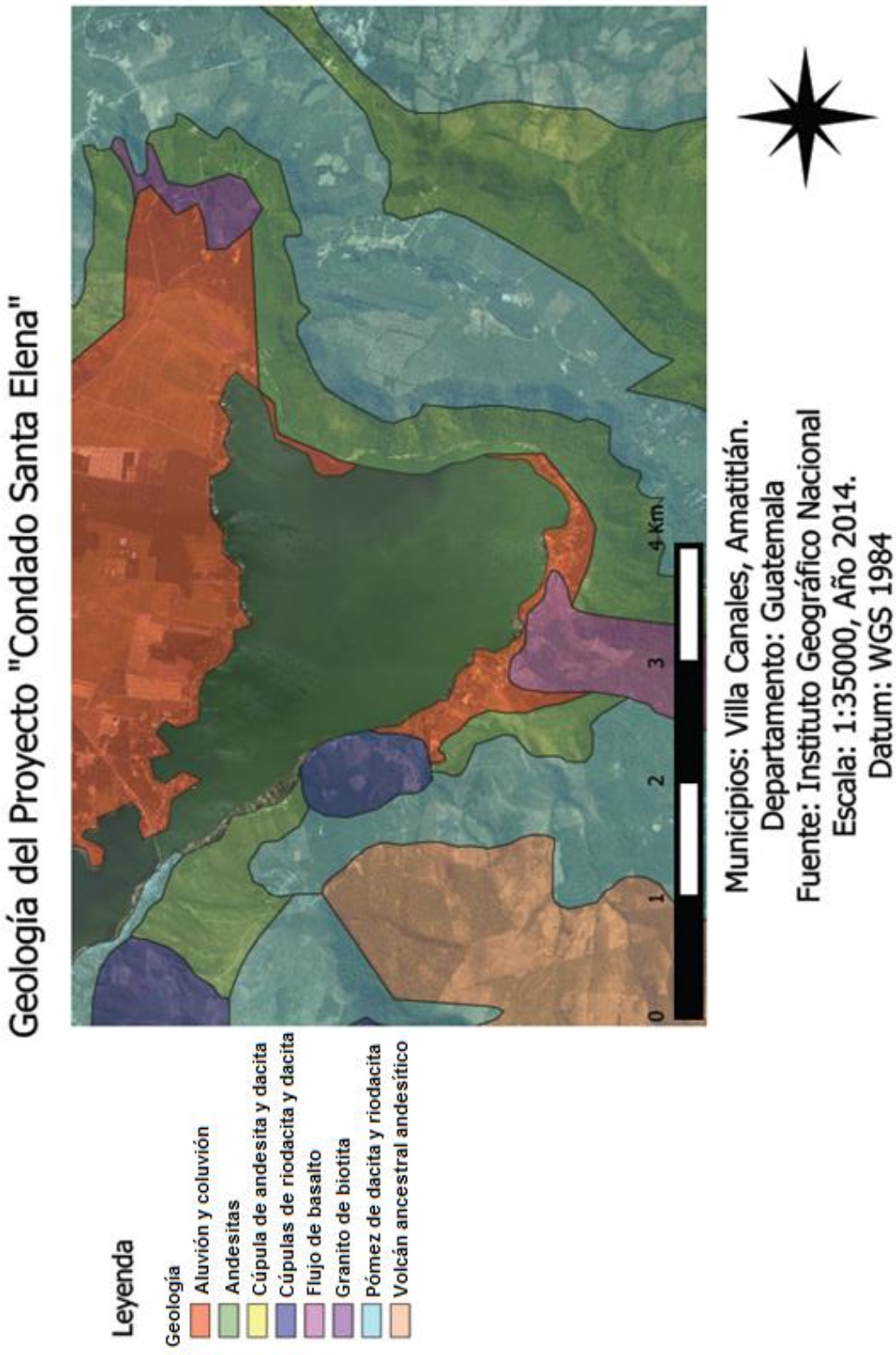
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4: Topografía del Condado Santa Elena.



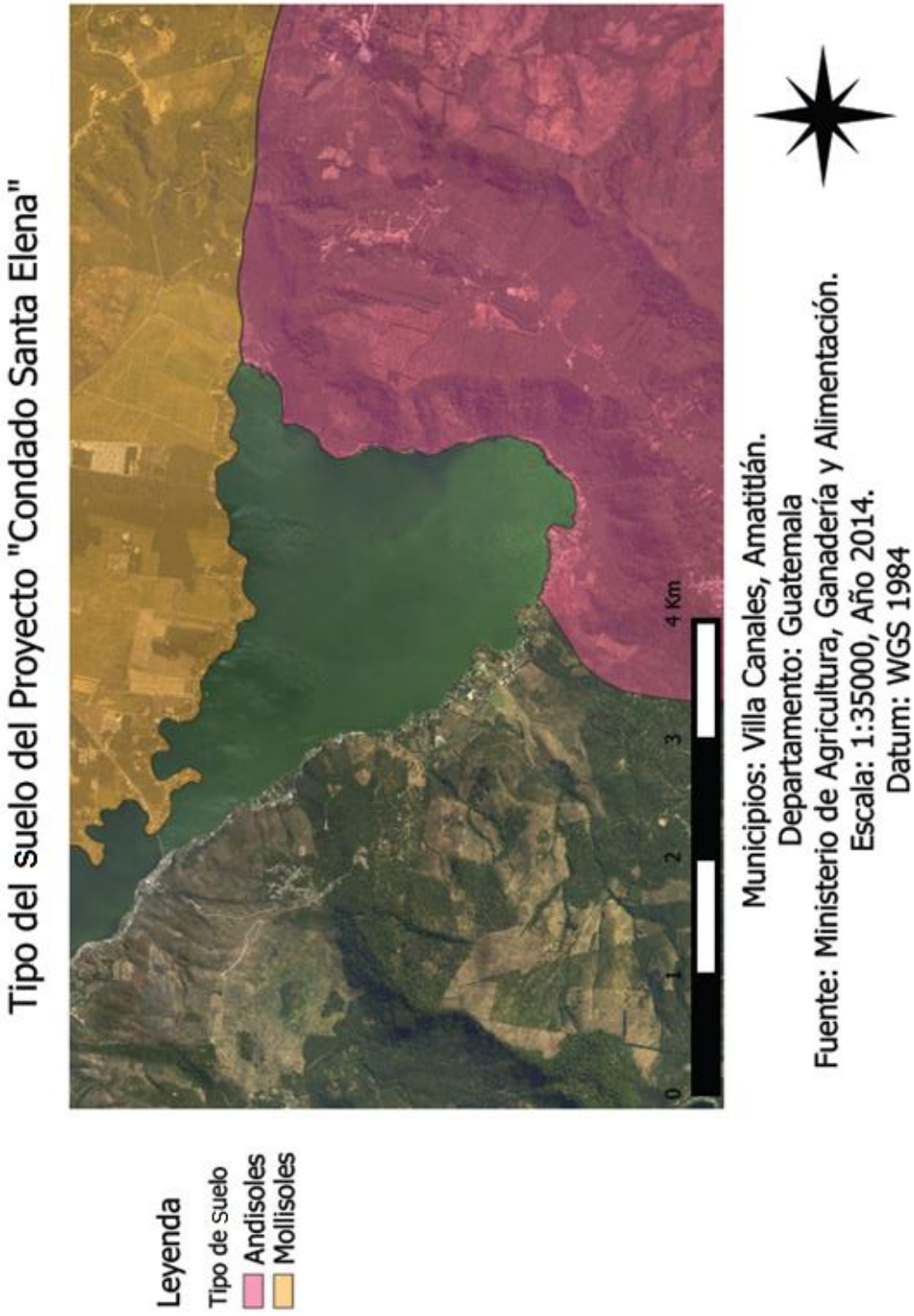
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5: Geología del Condado Santa Elena.



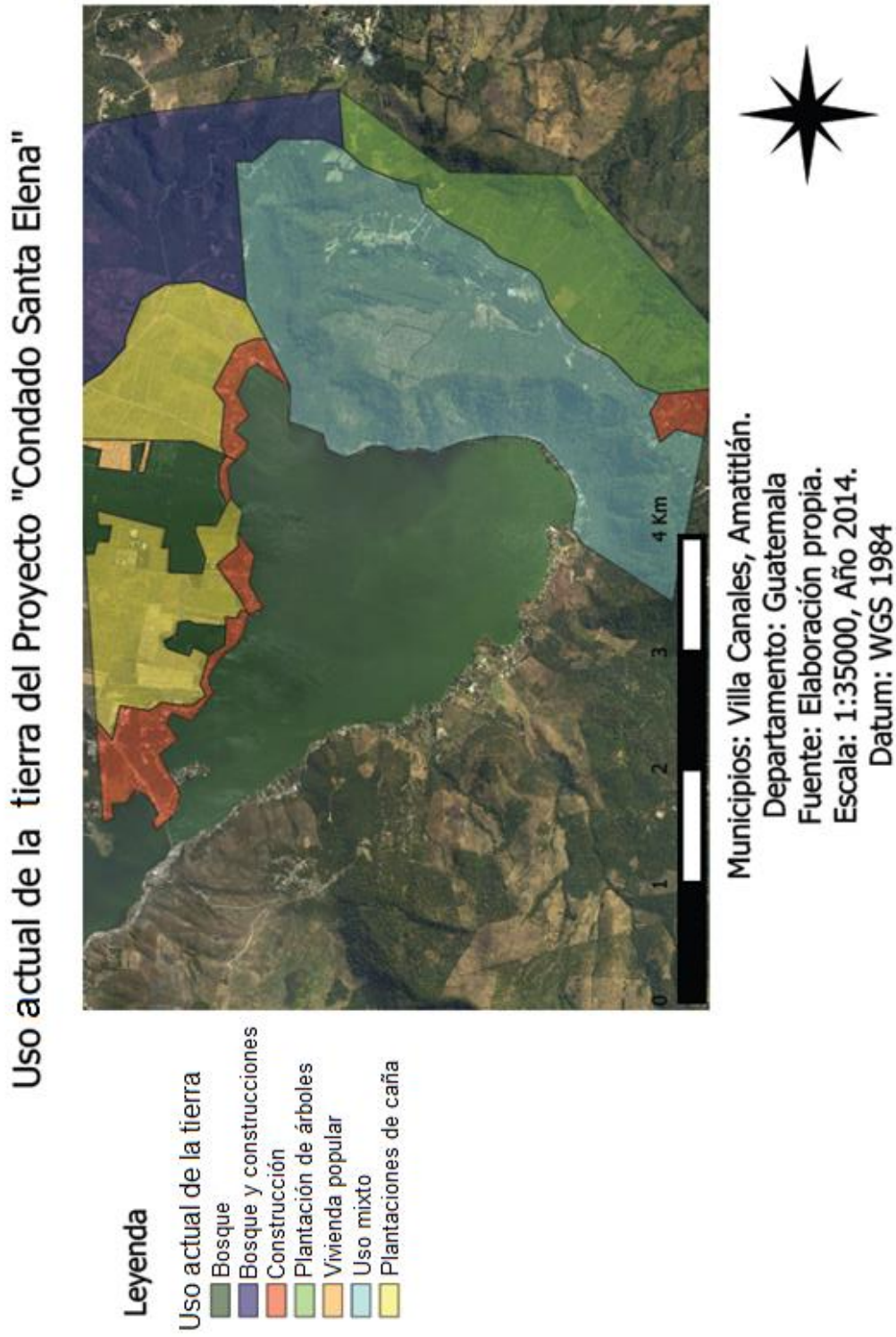
Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Ilustración 6: Tipo de suelo del Condado Santa Elena.



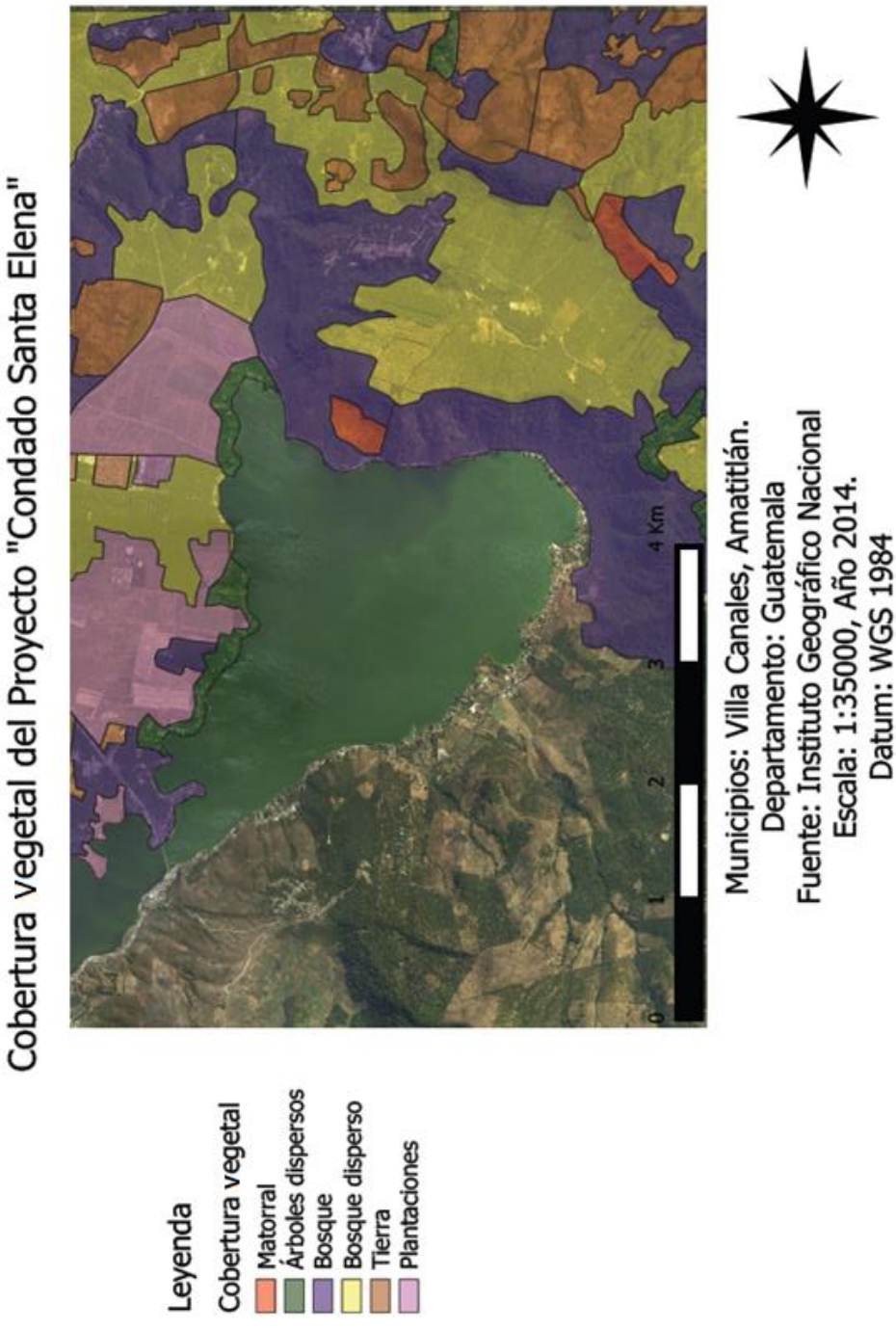
Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Ilustración 7: Uso actual de la tierra del área de estudio.



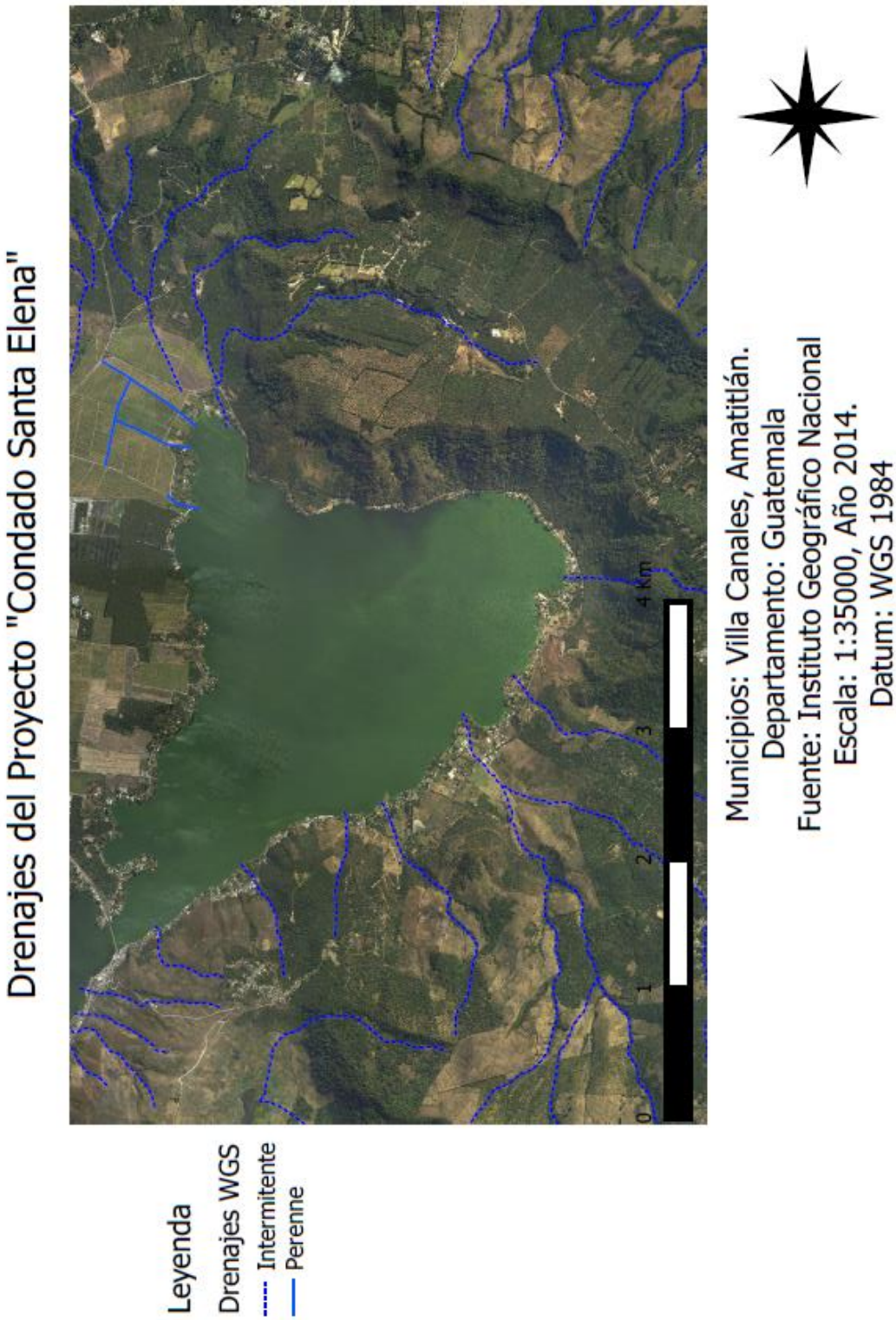
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 8: Vegetación general del área de estudio.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Ilustración 9: Drenajes del área de estudio.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

VI. DEMOGRAFÍA Y CRECIMIENTO URBANO

A. Antecedentes

1. Crecimiento urbano de la ciudad de Guatemala. Guatemala es un país con un crecimiento industrial y poblacional acelerado y desordenado, debido a que no se tienen los controles adecuados para regular este crecimiento, el cual ha causado diversos problemas tanto para la misma población por falta de recursos como para el medio ambiente. Por lo que es necesario e importarte buscar e implementar soluciones viables y funcionales para regular este crecimiento.

Conforme han pasado los años se generó la necesidad de controlar y regular el crecimiento de la ciudad en vista que las áreas de bosque se han ido reduciendo y generando así un gran problema para la ciudad, ya que al desaparecer los bosques se producen deslaves, inundaciones y deterioro del medio ambiente.

La planificación urbana no era un tema conocido hace algunos años pero surgió la necesidad de ordenar el crecimiento que se empezó a generar en la ciudad de Guatemala y actualmente existe una sobrepoblación en la ciudad que se observa mediante el déficit que viviendas que existen.

Los asentamientos humanos presenta un problema social vinculado con la problemática de vivienda en la ciudad y esto demuestra ese déficit de vivienda que existe y la falta de atención de las autoridades; estos se encuentran en un lugar de alta vulnerabilidad al estar inseguros, insalubres y en alto riesgo de enfermarse o morir por las condiciones de vida que tienen.

Guatemala es la ciudad más grande de Centroamérica y presenta una gran crecimiento urbano durante los últimos años y con ello, al no controlarlo, una gran cantidad de problemas que afectan a toda la población.

La ciudad está creciendo aceleradamente debido a una migración del área rural hacia el área urbana por la centralización de servicios y fuentes de trabajo. La población que migra hacia la ciudad se encuentran con el problema de que no hay tanta oferta de trabajo y los disponibles requieren de una capacitación o especialización por lo que realizan tareas con salarios muy bajos para sobrevivir. Esta es una de las causas que obliga a las personas a ocupar terrenos baldíos, barrancos o propiedad del estado.

La migración hacia la ciudad y la necesidad de vivienda para cubrir las necesidades básicas de los pobladores provoca un desorden en el crecimiento urbano, el cual afecta a toda la población, porque los habitantes se encuentran marginados de la vida urbana debido a la falta de servicios y facilidades a las que deben de tener acceso. Es muy difícil cambiar la forma en que están estructurados los asentamientos pero se pueden implementar mejora de servicios básicos para mejorar la calidad de vida de este sector de la población.

El proceso de centralismo y del crecimiento espacial y poblacional de la Ciudad de Guatemala ha sido ampliamente documentado y existe una coincidencia sobre el aumento en la escala del desarrollo urbano en los últimos años con los efectos negativos que un crecimiento desordenado produce.

Para el año 2000, el área metropolitana de Guatemala tenía una extensión entre 22,500 y 35,000 hectáreas y en los últimos doce años se ha producido más suelo urbano que en los 218 años de ubicación urbana desde la fundación de la ciudad, siguiendo el crecimiento espacial a un ritmo proyectado del 4.4% anual. Las estimaciones indican que la mancha urbana de la ciudad se duplicará para el año 2020 si el ritmo de crecimiento espacial continúa al ritmo actual. (Municipalidad de Guatemala, Dirección de Planificación Urbana, 2014).

2. Plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Guatemala. <<El ordenamiento territorial es la zonificación planificada del territorio, para lograr, en el largo plazo un desarrollo equilibrado entre el sistema natural y el socioeconómico, es decir, la orientación adecuada del uso del suelo y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en compatibilidad con las actividades económicas, políticas y sociales>> (Autoridad para el manejo sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlan AMSA, 1999).

La planificación urbana y ordenamiento territorial surgen como necesidad al acelerado y desordenado crecimiento de la ciudad que no tomo en cuenta situaciones que con el tiempo afectaron a la población y al medio ambiente. En todo el departamento de Guatemala, específicamente en municipios aledaños a la ciudad capital se produjo un desarrollo desordenado que destruyó bosques, eliminó áreas verdes y afecto al medio ambiente y recursos como consecuencia a la carencia de regulaciones que controlaran dicho crecimiento y no se planificó el crecimiento urbano por lo que actualmente existe una necesidad de normar la construcción; así como planificar el crecimiento urbano y el ordenamiento territorial para corregir el desorden actual.

En 1970 en la ciudad de Guatemala se creó la Dirección de Planificación en la Municipalidad de Guatemala por lo que en este año comenzó el ordenamiento territorial. Los avances y normas que se han generado y aplicado por ésta municipalidad han servido como base para el resto de municipios del departamento debido a que éstos se ven afectados por el crecimiento de la ciudad.

Con el objetivo de controlar el crecimiento urbano y ordenar la ciudad, desde enero de 2009 está vigente el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Guatemala (POT), que es un cuerpo normativo básico de planificación y regulación urbana conformado por normas técnicas legales y administrativas que la Municipalidad de Guatemala establece para regular y orientar el desarrollo de su territorio.

B. Marco teórico

1. ¿Qué es una ciudad?

a. Concepto de ciudad.

El concepto de ciudad y la ciudad en su existencia real y concreta, son dos términos diferentes pero muy relacionados. Las ciudades son distintas unas de otras ya que geográficamente se encuentran en localizaciones individuales con diferentes dimensiones, tienen diferente

forma, son habitadas por diversa cantidad de habitantes que trabajan en diferentes actividades, poseen diferentes tipos de accesos porque es más sencillo llegar a algunas ciudades que a otras, prestan diferentes servicios públicos (agua, drenajes, electricidad), y tienen cantidad diversa de equipamientos (escuelas, hospitales, espacios verdes, recreativos, deportivos, *etc.*).

El geógrafo y urbanista Jordi Borja en su libro *La Ciudad Conquistada* (2003), menciona que:

<<La ciudad es una realidad históricamente geográfica, sociocultural, incluso política, una concentración humana y diversa (urbs), dotada de identidad o de pautas comunes y con vocación de autogobierno (civitas, polis)>>

Borja determina que una ciudad está limitada por su soporte geográfico, es decir, por las condiciones naturales de su ubicación y los recursos que puede explotar, los cuales determinan su rol en comparación a otras ciudades. También reconoce su existencia histórica, evidenciada por la presencia de edificios, espacios y normativa de períodos anteriores que influyen sobre el presente, e igualmente considera a la ciudad una realidad social, cultural y política. Es decir hay una sociedad que para cada momento histórico habita a la ciudad, la transforma y gobierna desde ciertos valores más o menos compartidos y desde normas fijadas de acuerdo a los intereses comunes de su época.

Borja emplea los términos en latín "urbs y civitas", que al mismo tiempo son la raíz de muchas palabras que definen acciones y actividades de una sociedad. Urbs refiere al núcleo urbano y al sentido material de la ciudad, mientras que civitas remite a la comunidad humana.

El profesor Jean De Vries, en el libro *La Urbanización de Europa* (1987) no define a la ciudad pero determina:

<<ciertas dimensiones cuantifícales comúnmente aceptadas para distinguir las ciudades de otra formas de asentamiento>>, que serían: <<el número de habitantes, la densidad del asentamiento, la proporción de las ocupaciones no agrícolas y la diversidad de las mismas>>.

Explica que, dado que estos criterios arrojan cantidades continuas, es posible trazar una línea que permita separar a las ciudades de las no-ciudades, y toma como ejemplo un asentamiento minero en donde se cumplirían los primeros tres criterios (número de habitantes, densidad y ocupaciones no agrícolas) pero no el último, ya que casi todos los habitantes estarían empleados en la misma actividad, es decir la extracción de minerales. El abordaje que hace este autor interesa al presente trabajo ya que propone variables mensurables y aplicables a todas las ciudades durante varios siglos.

Otro autor, el economista y sociólogo, Max Weber (1987) sostiene que todas las definiciones tendrán un elemento común: la ciudad. Que constituye un hábitat concentrado, una localidad. Cuando la población residente en una localidad satisface una parte económicamente sustancial de sus necesidades en el mercado local, gracias sobre todo a los productos que dicha población, y la de los alrededores inmediatos, hayan fabricado o se hayan procurado para venderlos en el mercado. Toda ciudad, en el sentido que se le ha conferido a este término es un "lugar de mercado", es decir, toda ciudad tiene como centro económico del asentamiento a un mercado.

Otro enfoque que se le puede dar a la definición de ciudad es el antropológico como lo define Manuel Delgado (1999):

<<la ciudad no es lo urbano, es la composición espacial definida por la alta densidad poblacional y el asentamiento de un amplio conjunto de construcciones estables, una colonia humana densa y heterogénea conformada esencialmente por extraños entre sí. La ciudad, en ese sentido, se opone al campo o a lo rural, ámbitos en que tales rasgos no se dan. >>

Delgado realiza además una distinción entre la ciudad y lo urbano que se basa en la idea de que lo urbano es capaz de separarse de la ciudad (localizada y fija en un lugar) pues está constituido por relaciones capaces de avanzar sobre otras áreas (más alejadas de la ciudad) a partir de la movilidad espacial e informacional. Para él la colonia humana de la ciudad, con sus construcciones estables, es sólo una parte de lo "urbano". Hay extensiones de la ciudad y fragmentos urbanos que no mantienen continuidad física con la ciudad y que, sin embargo, son también urbanos por el modo de vida de sus habitantes, valores y conductas y nivel de información.

Analizando estas definiciones se puede observar que cada una de ellas responde a las preocupaciones disciplinares del autor (geografía, historia, economía y antropología) pero reconocen ciertas coincidencias y diferencias.

De manera sintética, puede definirse como ciudad a toda entidad geográfica que albergue a una comunidad. De modo que, por sobre todo, se trata de un lugar en el que habitan seres humanos, es decir, donde viven, duermen, se alimentan, trabajan y se relacionan con sus pares. Pero el concepto de ciudad ha sido abordado desde diferentes disciplinas y por distintos autores a través del tiempo. Para Aristóteles:

<<La comunidad perfecta de varias aldeas es la ciudad, que tiene, por así decirlo, el extremo de toda suficiencia, y que surgió por causa de las necesidades de la vida, pero ahora existe para vivir bien>>.

La relación entre la ciudad física y la sociedad que la alberga puede claramente leerse en la frase de Alberti:

<<La grandeza de la arquitectura está unida a la de la ciudad, y la solidez de las instituciones se puede medir por la solidez de los muros que la cobijan>>.

No hay ciudad posible sin sociedad ya que aquella no es una construcción casual o caprichosa, sino el resultado de quienes en ella viven.

b. Componentes de la ciudad

1) El fenómeno urbano: la ciudad como producto de la cultura.

El ser humano está habituado hoy a la vida urbana que tiene la tendencia a creer que ésta siempre ha sido así, que la historia se desarrolló desde sus orígenes en sociedad y que, mayormente, ha tenido lugar en ámbitos urbanos. Es importante entonces resaltar la precariedad de estos conceptos tan arraigados como inconscientes, y destacar que la ciudad es un fenómeno muy reciente, casi nuevo en la historia del mundo.

Según (García Espil & Tella, 2006) no se puede entender la ciudad simplemente como el resultado de una construcción física, de edificios, calles y espacios abiertos, ni pensar que la población que la habita y las actividades que en ella se desarrollan son el resultado mecánico de esa construcción; tampoco se puede suponer que la cultura y la identidad de un pueblo sean ajenas a la estructura física de la ciudad, o ser incapaces de percibir la estrecha y riquísima relación entre la ciudad física y la sociedad que la construye y habita.

La ciudad es la creación más importante del género humano sobre la Tierra, no ha existido en la historia de la humanidad otra obra tan completa, tan representativa, tan expresiva de la vida y los valores de la sociedad, como lo son las ciudades.

La ciudad es un complejo organismo producido por la sociedad que, simultáneamente, la crea y la habita. Representa en cada uno de sus rasgos los valores y creencias de esa sociedad, y refleja en sus formas e imágenes los modos de vida, la organización social, económica y cultural de sus habitantes. Es una obra de arte colectivo, con innumerables y anónimos autores, todos los cuales dejan algo de sí mismos en esta creación.

El fenómeno urbano está sometido a un proceso de cambio, que obliga a redefinir constantemente sus características. En el mundo actual, las transformaciones se ven aceleradas por un crecimiento de las ciudades sin precedentes. Se trata de una auténtica explosión urbana.

<< Las dimensiones físicas de las ciudades pretéritas, con pocas excepciones, eran tales que un hombre podía fácilmente abarcarles y tenía posibilidad de ir de cualquiera de sus extremos al centro, caminando, en menos de quince minutos… En realidad, la ciudad contemporánea ya no es pequeña, estática o abarcable para un hombre corriente. Es una ciudad dinámica. Atenas, por ejemplo, crece a razón en 13.5 viviendas por hora. Las contemporáneas son ciudades dinámicas o dinápolis, y con frecuencia constituyen sistemas de ciudades en crecimiento dinámico con tendencia a convertirse en dinamegalípolis. Es natural que con una población de quizá 3,5 millones de personas (a finales del siglo XXI), y con densidades decrecientes en las zonas urbanas, podamos tener una superficie ciudadana total 33 veces superior a la actual, y quizá 60 o 100 veces mayor. Cuando esto suceda, la mayor de las ciudades del mundo se entrelazarán en una red de dimensiones mundiales, o sea, en una ciudad mundial>> (Doxiadis, 1985).

La urbanización es un proceso. La ciudad no ha sido siempre igual y seguirá cambiando en el futuro. Desde los primeros asentamientos humanos hasta las grandes regiones urbanas de nuestro tiempo hay un largo trayecto histórico, surcado de modalidades urbanas diferentes.

El origen del fenómeno urbano aparece unido a cambios tecnológicos y a una creciente división del trabajo:

<<Antes de que pueda fundarse una ciudad es necesario que la técnica agrícola haya alcanzado un nivel tan alto que pueda mantener con sus excedentes a los no productores de la ciudad. Esta técnica agrícola exige una organización centralizada. Y esto supone, a su vez, un cuerpo de administradores que cubra cierto número de aldeas. Una de ellas, la que contuviera el tempo del dios totémico principal se iría convirtiendo naturalmente en la ciudad que recogería y almacenaría los excedentes de las restantes aldeas. Algunos indicios hacen pensar que las ciudades se fundaron reuniendo en todo o en parte a las poblaciones de varias aldeas. Una vez establecida la ciudad, sin embargo, apareció una nueva división: la que se da entre la ciudad y el campo. >> (Bernal, 1979).

Hoy se vive un intenso proceso de urbanización a escala planetaria. No obstante, este proceso no tiene idénticas características en todo el mundo, por lo que la urbanización adquiere rasgos específicos, que nacen de las peculiaridades económicas de los distintos países, continentes, *etc*. Por esta razón, se puede afirmar que la realidad urbana es especialmente compleja, múltiple, dado que en ella conviven dos tendencias antagónicas: por un lado, la tendencia a la uniformidad, derivada de la expansión mundial de sistemas económicos, modos de vida y técnicas similares, y por otro lado, la tendencia a la variedad, derivada de la persistencia de formas económica, modos de vida y técnicas tradicionales.

2) Población. La ciudad se caracteriza por ser un asentamiento humano especialmente numeroso y denso. Así, el punto de partida para su estudio es necesariamente la demografía urbana. Los censos y padrones e población, los registros civiles y otras diversas fuentes estadísticas nos abastecen de la información necesaria. La población absoluta y las tendencias de crecimiento demográfico, crecimiento vegetativo, crecimiento real, tasa de natalidad y de mortalidad, población potencial teórica, saldo migratorio y densidad.

3) El proceso de crecimiento de la ciudad. En el proceso de crecimiento de la ciudad pueden leerse tres etapas diferentes: la expansión, la consolidación y la densificación. La expansión es la transformación del suelo rural en urbano, donde el valor del lote se rige de acuerdo a la distancia al acceso, y donde sólo se lee la trama sobre la que se construye la ciudad.

La consolidación es el proceso más largo, donde el barrio adquiere carácter de trama y se pueden ver las primeras calles, comienza el movimiento y la circulación urbana, se generan los comercios, llegan los servicios y el lote va tomando valor dentro de la estructura interna. La densificación es cuando comienza a ser diferencial el valor de la tierra por la acumulación de inversiones públicas y privadas, se modifica la estructura original, y el lote se valoriza de acuerdo a su capacidad constructiva.

c. La estructura urbana.

1) Las partes de una ciudad. Cuando una ciudad o área urbano no produce dentro de sus límites los recursos que consume (recursos naturales, energéticos, materias primas) ni procesa los residuos que produce (sólidos, líquidos, gaseosos) en el mismo territorio que ocupa, se admite que este sistema de consumo cuenta con un ámbito productivo que lo abastece y que entre amos logran un equilibrio.

El autor (García Espil & Tella, 2006) define que los componentes de la ciudad son aquellos elementos que aun estando fuera de ella, constituyen el sistema que le permite funcionar. Las actividades diarias de la población, los flujos de tránsito, de personas, de bienes, energía y comunicaciones, y la infraestructura que los soporta, se manifiestan de formas diferentes según las partes de la ciudad en que se encuentren:

Las centralidades: los ejes e urbanización confluyen en el área central de la metrópolis, conformando una estructura urbana radio-concéntrica. Este patrón de asentamiento se corresponde con el modelo europeo: generación de centros a lo largo de los caminos originales (luego avenidas principales), del tendido de redes

ferroviarias sobres las tierras más altas, ocupadas desde un comienzo por sectores socioeconómicos medios y altos, con la relación gradual ente los distintos sectores articulados por un espacio público jerarquizado.

La periferia pobre: se corresponde con el modelo latinoamericano, implica la expansión espontánea de la mancha urbana inmediata a los corredores, sin patrones de asentamiento claros, sin infraestructura vial ni de servicios sanitarios y muchas veces sobre terrenos bajos e inundables, con población proveniente de los sectores socioeconómicos bajos y medio-bajos como producto de migraciones internas.

El suburbio verde: el patrón de asentamiento se asimila al modelo norteamericano, con el desarrollo de suburbanizaciones a partir del trazado de autopistas, con un planteo de "ciudad-jardín" y seguridad privada, con exclusión social y segregación espacial de funciones y con antropización del medio natural. Están orientadas a los sectores socioeconómicos altos y medio-altos de la población urbana.

Las funciones que la población realiza diariamente, como vivir, trabajar y entretenerse, repartidas proporcionalmente durante la jornada, constituyen los pilares básicos sobre los que se organiza la sociedad. La zonificación por actividades en áreas diferenciadas obliga a las personas a trasladarse durante el día, hogar-trabajo-hogar, ocasionando costos y tiempos de desplazamiento y dependencia del automóvil particular y de los distintos medios de transporte público. Las áreas descentralizadas de uso mixto reducen las largas distancias que deben de recorrer las personas y permiten ir de un sitio a otro caminando o en bicicleta, minimizando los tiempos y los costos de traslado y, en consecuencia, evitan congestión y contaminación.

La vivienda conforma el sector residencial, de alta, media y baja densidad, y según los aspectos sociales que la compongan resultarán los tipos de asentamiento. El trabajo y el sector productivo alojan actividades primarias, secundarias y terciarias según el grado de procesamiento de sus productos. Las actividades primarias son las de tipo extractivas, tal como la agricultura, la ganadería, la pesca y la minería. No se encuentran en las ciudades pero son componentes de ella.

Las actividades secundarias son las manufactureras industriales que requieren de un proceso de fabricación. Se sitúan fuera de los centros, en suburbios y periferias. Las actividades terciarias son las de intercambio, tal como el comercio, los servicios, la administración y las finanzas. Por lo general se localizan en centralidades y subcentralidades e incluyen el abastecimiento, la distribución de insumos y la administración de bienes.

Las actividades vinculadas al entretenimiento y ocio son las que general el sector recreativo, que la ciudad ofrece a través de sus espacios públicos, semipúblicos y privados, integrados a otras actividades. El espacio público se presenta de manera diferenciada en los centros y en las periferias pobres. Los espacios semipúblicos. Como los parques temáticos, actividades deportivas y espectáculos, tienen acceso controlado. También existen los espacios de entretenimientos dentro de la propiedad privada, con acceso restringido, tanto para espectáculos deportivos o como culturales.

Un sistema urbano está conformado por las relaciones entre las funciones o actividades entre sí por medio de los flujos de tránsito, los cuales pueden ser peatonales, fluviales (de carga o de pasajeros) o terrestres (vehículos de transporte público, de tránsito pesado y ferroviario). Los centros de trasbordo multi e intermodales son los que articulan los movimientos en la ciudad.

La infraestructura que soporta el sistema urbano está dada por los servicios sanitarios, drenajes pluviales y de aguas negras, distribución de agua potable, y de energía eléctrica. La ciudad va cambiando y estableciendo sus cambios, crece y establece relaciones tanto entre las partes que la conforman, como con el sistema mayor de ciudades al que pertenece ya se un municipio, departamento o país. Desde esta perspectiva, resulta indispensable el desarrollo de una metodología que permita analizar estos fenómenos para comprenderlos y poder manejar sobre aquellas situaciones establecidas como no deseadas.

Es posible entender a una ciudad, por lo que, como un conjunto de diferentes aspectos. Podría decirse que la estructura urbana es el conjunto de éstos componentes, espaciales e inespaciales que son los que definen a una ciudad. Tales componentes pueden ser: normativos, culturales, organizativos y funcionales, y a su vez cada uno puede tener aspectos territorializables o no.

2) Usos, densidades, flujos. Las distintas actividades que las personas desarrolla en sociedad se les expresa como usos del suelo. Al mismo tiempo, la densidad aparece como un componente que define la intensidad de aplicación de tales actividades. La relación entre cada parte que compone el suelo se expresa mediante canales (calles, avenidas, vías ferroviarias) a través de los cuales discurren estas relaciones en las que el caudal pone de manifiesto su potencialidad. Tres son los componentes básicos de la estructura urbana: los usos el suelo (actividades desarrolladas), la densidad (intensidad de aplicación) y los flujos de transporte (relaciones funcionales). Los usos del suelo pueden ser residenciales, comerciales, industriales y administrativos, con diferentes grados de intensidad (alto, medio y bajo), pero también, con diferentes grados de exclusividad (mixto o exclusivo), desde el punto de vista de la dominancia de actividades.

El transporte es un componente esencial. Las personas para trabajar deben movilizarse. Las materias primas transformadas también tienen la necesidad de trasladarse desde los lugares de producción hacia los centros de consumo. Esto implica la construcción de una red de transporte con una capacidad e intensidad del flujo determinados por los bienes, servicios y personas que utilizarán esta red. La planificación urbana debe originar cambios o efectos sobre el territorio con el fin de mejorar la calidad de vida de la población, y para eso desarrollar procedimientos que le permiten comprender tales fenómenos. De este modo debe de tomarse a la estructura urbana como una herramienta conceptual que nos permite analizar determinados aspectos del fenómeno urbano para, a partir de ellos, diagnosticar y ayudarnos a una futura toma de decisiones.

Ilustración 10: Muy baja densidad de ocupación del suelo.



Fuente: (García Espil & Tella, 2006)

Ilustración 11: Baja densidad de ocupación del suelo.



Fuente: (García Espil & Tella, 2006)

Ilustración 12: Densidad media de ocupación del suelo.



Fuente: (García Espil & Tella, 2006)

Ilustración 13: Alta densidad de ocupación del suelo.



Fuente: (García Espil & Tella, 2006)

Ilustración 14: Muy alta densidad de ocupación del suelo.



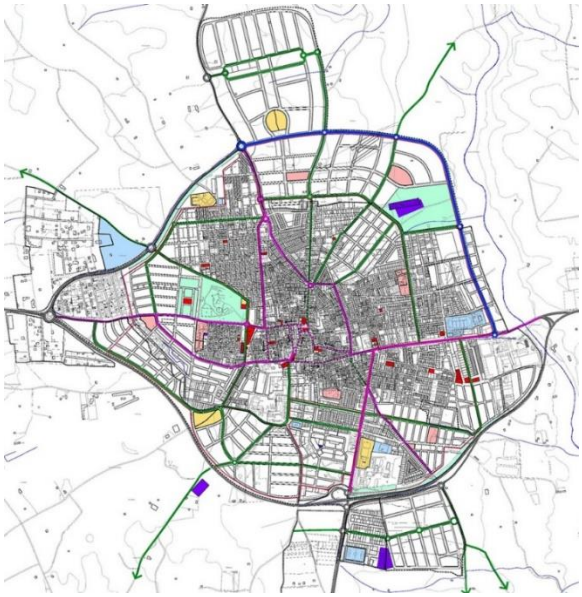
Fuente: (García Espil & Tella, 2006)

3) Estructura urbana. La estructura urbana es una herramienta que permite definir un modelo de ciudad sobre la cual operar o planificar. Establece una definición de la forma urbana, que parte de la localización de sus usos e intensidades. Se alude forzosamente a un concepto dinámico y temporal, ya que la configuración intenta dar cuenta del modo en que se fue conformando un asentamiento, una ciudad (García Espil & Tella, 2006).

A través del análisis de las distintas clases de fenómenos se demuestran los orígenes y las consecuencias de la configuración territorial hacia al futuro. La ciudad está estructurada por distintos componentes donde lo importante no son sólo las características y las particularidades de cada elemento, sino la relación e interacción entre ellos. De modo que la estructura urbana está definida por la distribución espacial de la población, la delimitación de zonas de usos predominantes y su interrelación a través del sistema vial.

El Urbanismo como disciplina toma a la ciudad como objeto multidisciplinar de estudio. El planteamiento urbano, en cambio, produce acciones de ordenamiento sobre el territorio. Y es, precisamente, la estructura urbana el instrumento que permite expresar en un único modelo al conjunto de las principales variables que tiene una ciudad.

Ilustración 15: Ejemplo de la estructura urbana.



Fuente: (Muñoz Zapatero, 2006)

2. ¿Qué es planificar?

a. Planificación urbana

1) El contexto de la planificación urbana contemporánea

a) Nacimiento, desarrollo y crisis de la planificación urbana. Desde sus inicios, las ciudades se han establecido como uno de los instrumentos de poder más efectivos para dominar y ocupar grandes territorios. Gracias a funciones defensivas, comerciales, industriales, administrativas e incluso religiosas, las ciudades han tenido un papel de gran importancia y decisión en la configuración y sostenimiento de las principales civilizaciones del planeta. Por esta razón, resulta perfectamente comprensible la constante preocupación de la clase dirigente y de sus técnicos, a lo largo de la historia, por crear y desarrollar ciudades prósperas y sostenibles en el tiempo (Fernández Güell, 2006).

Aunque desde los primeros centros urbanos se ha observado un interés por mejorar el diseño y la estructura de los mismos, el urbanismo no nació hasta mediados del siglo XIX. Fue entonces cuando el apogeo de la Revolución Industrial originó una gran cantidad de transformaciones socioeconómicas e innovaciones tecnológicas. La aparición de la urbe industrial, que se caracteriza por el problema de espacio, el impacto ambiental y el conflicto social, lo cual obligó a desplegar un sistema para corregir y regular la organización espacial y ayudar a reestructurar socialmente la ciudad. Así, surgió el urbanismo moderno, que comprende las técnicas urbanísticas existentes, pero posteriormente se crearon novedosos procesos de planificación e instrumentos de control.

El autor (Fernández Güell, 2006) explica que a partir de las décadas de 1920 y 1930, en los Estados Unidos y en Europa aparecieron los primeros planes que regularon las ciudades, que fueron denominado después como “planes de urbanismo”. El objetivo principal de estos planes era ordenar espacialmente el desarrollo y crecimiento urbano para evitar disfunciones e impactos ambientales. Aparte de orientar y delimitar el crecimiento espacial de la ciudad, estos primeros planes se caracterizaban por supeditar el interés particular de la propiedad privada a los intereses generales de la comunidad, a través del control y de la intervención pública en el suelo urbano. Por consecuencia, el plan de urbanismo se constituyó como un instrumento poderoso de arbitraje social que mediaba entre los intereses privados conflictivos y las necesidades colectivas de la comunidad urbana, con lo cual ayudaba, por tanto, al gobierno de la ciudad. Además de esto, el plan comunicaba un enfoque comprensivo del fenómeno urbano de alcance transgeneracional, que manejaba la incertidumbre del futuro y que se convirtió en un potente instrumento didáctico para comunicar el modelo futuro de ciudad.

Después de la Segunda Guerra Mundial, las necesidades de reconstrucción y la superación de la traumática recesión económica de los años 1930 impulsaron un prolongado período de desarrollo sostenido. Fue el momento de los grandes planes, cuando el planificador disfrutaba de un amplio reconocimiento social y se sentía seguro de sus capacidades técnicas. En este contexto, la planificación urbana vivió su época dorada, alcanzó plena legitimidad en la mayoría de los países y se convirtió en un instrumento aceptado por la sociedad en general y por las administraciones locales en particular.

Ahora bien, este período de calma para el urbanismo y los urbanistas no duró mucho tiempo. En la década de 1960 se produjo en los países más desarrollados profundas transformaciones económicas y sociodemográficas que aceleraron el cambio urbano y desbordaron el sistema clásico de planificación. Esta crisis fue fruto de la conjunción de diversos factores: un fuerte crecimiento demográfico, un elevado desarrollo económico, una utilización masiva del automóvil privado y un externo proceso de suburbanización. Se intentó transformar el modelo artesanal del planeamiento urbano en un enfoque más científico, incorporando para ello complejos modelos matemáticos. Sin embargo, la imperfección y las limitaciones de los modelos utilizados provocaron resultados poco alentadores en la planificación urbana.

Todo ello desembocó a finales de los años 1960 en un ataque a la concepción clásica del planeamiento, que alcanzó su máxima intensidad a mediados de los años 1970, coincidiendo con la profunda recesión que sufrió la economía internacional. Se produjo entonces una fuerte desconfianza hacia los expertos urbanos y hacia el proceso de planificación del tipo “arriba-abajo”, por su incapacidad para abordar y resolver los problemas urbanos. La crisis del urbanismo tradicional se vio agravada en la década de 1980 por la imparable expansión de la doctrina económica neoliberal, la cual veía con malos ojos el nivel de intervención pública que propiciaban los planes de urbanismo en la ciudad. Ante su crisis interna y los ataques externos que recibía desde diversos frentes, la planificación urbana abandonó la ilusión por el enfoque científico y entró en una fase de introspección que la distanció de los centros de poder y de la atención social.

A pesar de esta crisis de madurez del urbanismo, las ciudades han seguido evolucionando con un gran dinamismo. A fínales del siglo XX, el nuevo orden económico globalizador y los comportamientos sociales basados en el consumo han provocado una transformación urbana sin precedentes, tanto en los países ricos como en los aún subdesarrollados. Se observa una creciente ocupación del territorio por una densa malla de carreteras de alta capacidad un despliegue de extensos conjuntos residenciales y productivos en las periferias urbanas, un mayor alejamiento del binomio residencia-empleo y la aparición de grandes centros comerciales y de entrenamientos. En resumen, este patrón de desarrollo urbano conlleva un creciente consumo de espacio per cápita para la urbanización que resulta insostenible.

La triste realidad urbana e inmobiliaria que a principios del siglo XXI padecen muchos lugares, los urbanistas coinciden mayoritariamente en una serie de principio que proyecta cierta esperanza de cara al futuro. Así, hoy en día es moneda común predicar sobre la necesidad de proteger el medio ambiente, criticar el modelo de urbanización desparramada frente a la demostrada sostenibilidad de la ciudad compacta; recuperar y conservar el centro de las ciudades como lugar de trabajo y residencia; promocionar los sistemas de transporte colectivo frente al uso del automóvil privado; y fomentar la mezcla de usos compatibles en los centros urbanos para garantizar su vitalidad y diversidad. En conclusión se puede afirmar que la planificación urbana se mantiene viva y operando, aunque no con la fuerza profesional y la proyección social deseable para afrontar con firmeza los importantes desafíos que tienen ante sí.

b. El proceso de planeamiento. Respecto a qué es el planeamiento, puede tener diferentes definiciones como una <<técnica que trata de coordinar diversas unidades en un sistema, como el ordenamiento de hechos urbanos, regionales y nacionales en el espacio>> y según los autores (García Espil & Tella, 2006) existen diversas ideas de planeamiento que se presentan a continuación:

1) El planeamiento físico. En los años 40, la planificación estuvo muy influenciada por la "Teoría General de los Sistemas" o, para decirlo en otros términos, el método utilizado para interpretar la realidad era un enfoque analítico de carácter transdisciplinario. La crítica que resultó de la aplicación de esa metodología fue que todo lo planificado no llegó a ejecutarse o que sólo se implementó parcialmente.

2) El planeamiento urbano. A partir de los años 80 son aceptados otros métodos para desarrollar conocimiento a partir de la tradición, del ensayo y error, del sentido común, del sistema de creencias. Esto sumado a la aparición de diferentes actores sociales con protagonismo y al debilitamiento del rol del Estado, tuvo como consecuencia un nuevo modelo de planificación que puso al acento en la gestión y en la participación de los diferentes sectores, tal como los empresariales, los sindicales, los vecinales.

3) El planeamiento estratégico. La planificación estratégica aplicada al campo del urbanismo constituye una experiencia reciente, que se nutrió de la práctica empresarial, que a su vez había recuperado el concepto hacia mediados del siglo XX de las experiencias militares, como instrumento eficaz para el análisis y para la gestión de escenarios futuros. Está dirigido a identificar, evaluar y procesar demandas

conflictivas de los distintos agentes urbanos y a definir unos pocos objetivos consensuados para su implementación a través de la participación de los actores sociales.

4) El planeamiento sectorial. Las transformaciones en la ciudad se dan a través de planes, de programas y de proyectos. Esto significa que la ciudad puede transformarse a través de acciones, tanto directas como indirectas. Las primeras resultan ser transformaciones físicas que tienen como objetivo la renovación, la recuperación o la integración de un sector urbano dentro de la ciudad: el instrumento de actuación podría ser un plan o programa. Las segundas suelen tener idénticos objetivos pero varía el instrumento de actuación: las respuestas a dichas transformaciones se realizan en un lapso mayor.

c. Teorías clásicas del desarrollo urbano. Diversos estudios sobre la estructura de las ciudades y su comportamiento han originado diversas teorías sobre el desarrollo urbano que intenta explicar cómo funcionan, y aunque ninguna ciudad es exactamente igual a otra, permiten comprender como funcionan y se desarrollan.

1) La teoría de la ecología urbana. Esta teoría fue elaborada durante las décadas de 1920 y 1930 en Estados Unidos y considera una zonificación con un distrito comercial central donde se encuentra cualquier actividad económica altamente rentable, así como una alta cantidad de servicios y centros de entretenimiento. Este centro es el lugar de origen del mayor porcentaje del transporte público y su posición central se debe a que es el área donde se constituyó la ciudad. Seguidamente de este centro se encuentra una zona de transición que en sus inicios se desarrolló como una zona residencial y que con el tiempo se deterioró convirtiéndose una zona de baja calidad de vida.

Esta teoría determina tres zonas residenciales, entre ellas la zona habitacional obrera que es determinada por la ubicación de las fábricas debido a que los obreros buscan establecerse en las cercanías de éstas. La zona residencial donde habita la clase media alta de la población, en esta área se pueden encontrar zonas comerciales y algunos de los servicios ubicados en el centro. Y por último existe una zona cambiante, llamada en Estados Unidos como Commuter's zone, que es un área situada en las periferias y donde sus habitantes viajan diariamente hacia la ciudad, donde desarrollan sus actividades diarias (Miguel, Torres, & Maldonado, 2011).

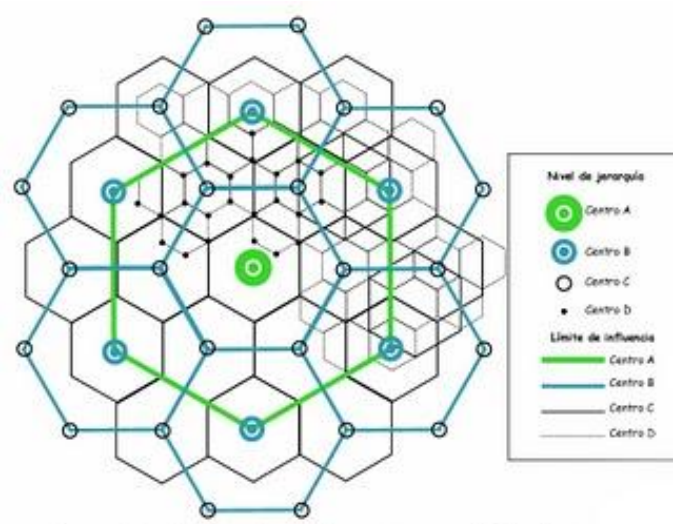
2) Teoría del lugar central. Esta teoría fue desarrollada por el geógrafo alemán Walter Christaller en el libro *Los lugares centrales en Alemania meridional* (1933). Se denomina como <<lugar central>> a aquel que puede suplir la cantidad necesaria de cada determinada clase de servicios para una población aledaña. Estos lugares pueden tener diferentes dimensiones que dependerán de la cantidad de bienes y servicios que produce.

Esta teoría explica que en el desarrollo urbano la ubicación de agrupaciones de personas son puntos perfectos para la distribución para ciertos productos y servicios, y cómo éstos se distribuyen dentro del sistema espacial del área urbana.

Según menciona Hernández <<Es posible indicar que toda empresa busca localizarse en el centro geográfico del mercado, en virtud del principio de la centralidad geográfica>>.

Las empresas toman la decisión de centralizar o no la producción dependiendo de los costos de transporte y la economía de escala, por lo que, según esta teoría, una economía se basa tanto en la producción como en la distribución de la gama de bienes y servicios (Hernández Aragón, 2007).

Ilustración 16: Teoría de los lugares centrales.



La organización jerarquica de los centros y sus límites de influencia (Por ejemplo, Centro A = Hipermercado, Centro B = Transporte, Centro C = administración, Centro D = tienda de pan)

Fuente (Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, s.f.)

3) Teoría de los polos de desarrollo. Esta teoría fue propuesta por Perroux en 1955 partiendo de tres observaciones del desarrollo económico: el desequilibrio económico analizado en países desarrollados y capitalistas; la existencia de grandes complejos industriales capaces de invertir en tecnología e innovar; y la teoría de innovación volviendo el mercado más dinámico. A partir de estas observaciones descubrió que el desarrollo no se produce de igual forma al mismo tiempo en todas partes, en los lugares dónde se presenta se le conoce como polos de desarrollo; éste se extiende por diversas vías e influye a la economía de diferente forma.

El polo de desarrollo se define como un conjunto de industrias ubicadas en un espacio geográfico que están muy relacionadas por vínculos alrededor de una industria líder, la cual genera una secuencia expansiva de la economía. Esta teoría pretende ayudar en la planificación regional integrando todos los aspectos del desarrollo relacionados con su medio geográfico. Existen diversas interpretaciones de este concepto; sin embargo, según (Miguel, Torres, & Maldonado, 2011) todos estos conceptos, teorías e ideas tienen en común el hecho de:

- Referirse a los problemas, procesos de desarrollo a largo plazo
- Preocuparse de las aglomeraciones geográficas
- Preocuparse de los desequilibrios industriales

Un polo de desarrollo es el resultado de la creación de una industria propulsora, la creación de infraestructura y servicios públicos, la presencia de una iniciativa empresarial para invertir e innovar y la creación de efectos de difusión de los beneficios del polo.

d. Impacto del crecimiento urbanístico. Las ciudades no se pueden imaginar como sistemas cerrados debido a que las ciudades están interconectadas hoy en día, es imposible pensar que una ciudad no dependerá en absoluto de otro centro poblacional o viceversa. El crecimiento de las ciudades tiene un impacto en sus alrededores y en la sociedad, como el impacto que tiene sobre el medio ambiente. Según expertos, siempre han existido "sistemas ecológicos sombra" debido a las ciudades que utilizan recursos y las reservas de territorios adyacentes, en algunas ocasiones hasta agotarlos.

Las actividades deben de usar los recursos disponibles y las capacidades de absorción de sus efectos colaterales sin poner en peligro las condiciones de salud de la población, un desarrollo eficiente y equitativo de la población, actual y la futura, y un equilibrio dinámico de los ecosistemas. (Correa, Germán; Rozas, Patricio; Economic Commission for Latin America and the Caribbean; United Nations; División de Recuersos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, 2006).

El crecimiento poblacional conjuntamente con tecnologías y políticas de desarrollo inadecuadas da como resultado una explotación descontrolada del potencial óptimo de los recursos. Aunque pareciera que el impacto más importante no es el crecimiento poblacional sino la forma de extracción y uso de los recursos naturales, pero se ha notado que en países menos desarrollados donde existe fertilidad, mortalidad y migración no controlada y el crecimiento de la población es mayor hay más efectos negativos en la degradación del medio ambiente debido a un menor control sobre el tema. Un amplio número de poblados y asentamientos humanos se ven afectados severamente debido a la alta vulnerabilidad que presentan en el sitio que ocupan, resultado del desordenado crecimiento urbano y del tipo de tecnologías utilizadas en los mismos. Este riesgo puede reducirse analizando la vulnerabilidad y probabilidad de los eventos y tomando las medidas de protección adecuadas o siguiendo las regulaciones de uso de los suelos establecido.

El aumento y concentración de la población engrandes centros urbanos, el desarrollo de tecnologías vulnerables y el deterioro del medio ambiente hacen que cuando se presente algún desastre natural, este afecte gravemente a la población, bienes e infraestructura. Estos daños en algunas ocasiones pueden llegar a afectar severamente el desarrollo económico y social de alguna región o incluso de un país completo. (Fernández, 1996).

Las consecuencias más graves se localizan en los barrios marginales de los centros urbanos, un importante grupo de la población urbana vive en alto grado de precariedad con condiciones de pobreza vinculados con el deterioro del medio en el que viven. Entre estas condiciones se encuentran las desfavorables condiciones de habitabilidad, el deterioro de los recursos hídricos, la deficiencia de los sistemas de drenaje, la inseguridad. Este fenómeno se da como consecuencia de una falta de planificación de las ciudades para albergar a una población que migra hacia la ciudad, en búsqueda de una mejor calidad de vida, y no pueden brindarle espacio adecuado para vivir, servicios básicos y ni cubrir la demanda de trabajo para poder subsistir.

C. Resultados

1. Situación actual del municipio de Villa Canales

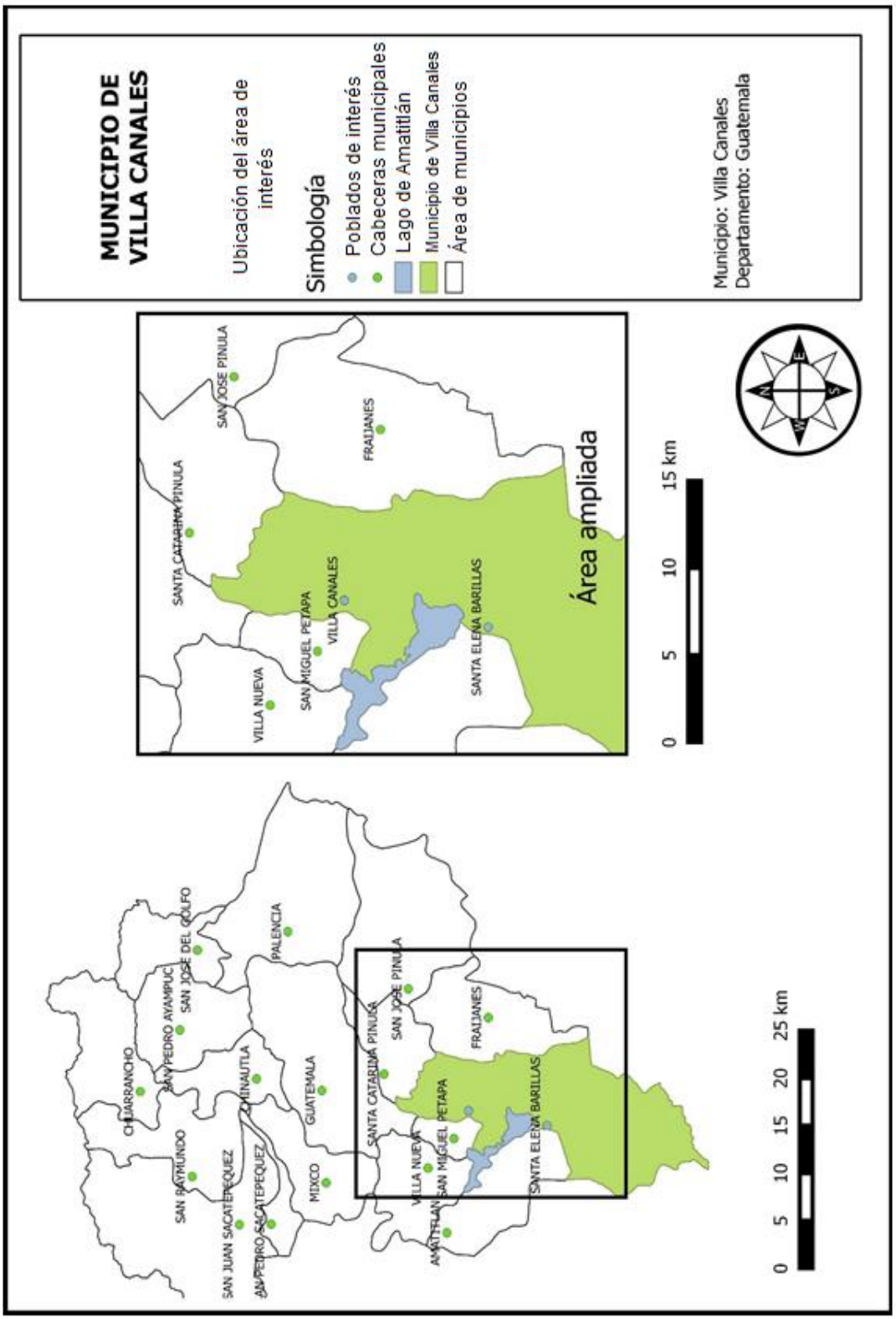
a. Características físicas

1) Localización geográfica. Guatemala es el único departamento de la República de Guatemala que pertenece a la región Metropolitana, su extensión territorial es de 2,126 kilómetros cuadrados y su cabecera es la Ciudad de Guatemala, actual capital del país. El municipio de Villa Canales se ubica en la cuenca del lago de Amatitlán y tiene una extensión territorial de 353 kilómetros cuadrados, estimación del Instituto Geográfico Nacional IGN (1973), equivalente al 16.6% del territorio total del departamento de Guatemala.

La cabecera municipal del mismo nombre, se encuentra a una distancia de 21 kilómetros de la Ciudad Capital y a una altura de 1250 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas son Latitud 14°29’00”N y Longitud 90°32’00”O. Su cabecera se encuentra a una altura de 1,280 metros sobre el nivel del mar, esta es una población organizada, cuya nomenclatura registra diez calles y cuatro avenidas. La cabecera municipal cuenta con los cantones: el Rastro, Sandino, la Motorizada y la Trampa (Municipalidad de Villa Canales, Departamento de Planificación, 2000).

2) División política. El Departamento de Guatemala se divide en 17 municipios, siendo éstos: San Juan Sacatepéquez, San Raymundo, Chuarrancho, San Pedro Sacatepequez, Chinautla, San Pedro Ayampuc, San José del Golfo, Mixco, Palencia, Villa Nueva, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, San José Pinula, Amatitlán, Fraijanes, Villa Canales y Guatemala. El municipio de Villa Canales cuenta con una villa, 13 aldeas y 43 caseríos. La cabecera municipal tiene el carácter de Villa.

Ilustración 17: Ubicación del área de interés.



Fuente: Elaboración propia.

3) Límites y colindancias. El departamento de Guatemala colinda al norte con Baja Verapaz y El Progreso; al sur con Escuintla y Santa Rosa; al oeste con Sacatepéquez y Chimaltenango; y al este con Progreso, Jutiapa y Santa Rosa.

El municipio de Villa Canales limita:

- Al norte: Guatemala (Guatemala).
- Al este: Santa Catarina Pinula (Guatemala), Fraijanes (Guatemala) y Barberena (Santa Rosa).
- Al sur: San Vicente Pacaya (Escuintla) y Barberena (Santa Rosa).
- Al oeste: Guatemala (Guatemala), San Miguel Petapa (Guatemala), Amatitlán (Guatemala) y San Vicente Pacaya (Escuintla).

4) Clima. Generalmente en Villa Canales el clima se mantiene templado. Sin estación fría bien definida, con invierno seco, pero muy húmedo.

5) Accidente geográficos. En su jurisdicción está la Sierra de Canales, 10 montañas y 19 cerros, casi todos cultivables. Desde estas alturas puede contemplarse el lago de Amatitlán y sus pintorescos alrededores.

b. Marco económico.

1) Sector primario.

a) Producción agrícola. La producción agrícola está caracterizada por la siembra de café, caña de azúcar y algunas hortalizas. En el cuadro del sector primario sub-sector agrícola, se puede visualizar que en el municipio de Villa Canales se produce: maíz, frijol, café, caña de azúcar, piña, jocote, mango, níspero, tomate, chile, banano, naranja, izote, hortalizas, sábila, aguacate, durazno, pasto y plantas ornamentales.

Pero dado a que en el municipio existe la tenencia de tierra en sentido latifundista, la producción que más se da es: café, caña de azúcar, piña, sábila, izote, y plantas ornamentales, productos que se emplean para consumo del municipio, consumo del país en general y para la exportación. Los demás productos se dan en escala menor.

b) Producción pecuaria. El cuidado y crianza de aves de corral y otros animales de patio como cerdos se realizan para el consumo familiar y para la venta ocasional, es regularmente responsabilidad de las mujeres. La mayor producción dado a que existen muchas fincas dentro del municipio es de ganado bovino, equino y porcino.

2) Sector secundario

a) Industria. En el municipio de Villa Canales se encuentran diferentes industrias, en donde se transforma la materia prima. Para el proceso de transformación se necesita de: maquinaria especializada, mano de obra o fuerza de trabajo, de donde la industria en el municipio ha ayudado al desarrollo del mismo, ya que, además de proveer de productos, de trabajo a habitantes del municipio de Villa Canales, habitantes de municipios cercanos y de la ciudad capital.

Observando el cuadro del sector secundario (industrial), se puede percatar que en Villa Canales existen industrias de arroz, café azúcar, tabaco, plásticos, pastas, textiles, cereales, muebles y flores. Entre las principales industrias del municipio se mencionan: Tabacalera Centroamericana, S. A., Ingenio Santa Teresa, Pastas Alimenticias Capri, S. A, *etc.*

b) Artesanías. En el cuadro del sector secundario industria y artesanía, se visualiza que en el municipio de Villa Canales se realizan artesanías como: pintura, talabartería, cerería y fabricación de marimbas.

c) Comercio. Entre las entidades de comercio que tiene el municipio de Villa Canales están las siguientes: tiendas, talleres mecánicos, panaderías, zapaterías, carnicerías, librerías, pinchazos, ventas de materiales de construcción, cafeterías, carpinterías, ferreterías, estudios fotográficos, gasolineras, bancos, abarroterías, heladerías, vidrierías, hospedajes, imprentas, video clubes, piñaterías, cantinas, grupos musicales, gimnasios, tortillerías, molinos, depósitos, moteles, locales comerciales, maquinitas, ventas de leña, pescaderías, expendio de gas, cevicheras, aserraderos, lecherías, barberías, aceitera, marranerías, pollerías, funerarias, confecciones, discos rodantes, herrerías, cines, ventas de electrodomésticos, alquifiestas y casas de citas. Pero en dicho cuadro también se pueden observar que las comunidades que más comercio tiene son: Boca del Monte, Villa Canales (cabecera municipal), Santa Elena Barrillas y aldea el Porvenir.

3) Sector terciario

a) Comunicación

- Vías de comunicación: La comunicación vial entre las comunidades del municipio de Villa Canales, se lleva a cabo por carreteras asfaltadas, de terracería, empedradas y adoquinadas.
- Transporte: Los medios de transporte son automóviles particulares y buses. Los buses se dividen en dos categorías: extra urbanos y preferenciales.

b) Salud. Entre las instituciones que ayudan a mantener la salud a los habitantes canaleños, según el cuadro sector terciario (servicios de salud y seguridad) están: hospital privado, centro de salud, clínicas, veterinarias, farmacias, bomberos, IGSS, laboratorios.

I.G.S.S. El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social está ubicado en la cabecera municipal y presta los siguientes servicios: pediatría, maternidad, medicina general (enfermedad común y accidentes), educación en salud y pago de prestaciones de dinero a afiliados y jubilados. Cuenta con un personal de veinte trabajadores distribuidos en: paramédicos, médicos, administradores y servicios varios. El IGSS tiene un puesto de salud en la Finca Santa Leonarda, el cual cuenta con dos enfermeras y un médico.

Centro de salud pública y puestos de salud: el centro de salud está localizado en la cabecera municipal de Villa Canales, construido en terreno propio. Cuenta con el siguiente personal: un médico director, un médico de cuatro horas, una enfermera profesional, cuatro enfermeras auxiliares, un inspector de saneamiento ambiental, un laboratorista, un conserje, un guardián y una secretaria.

Presta los servicios de atención médica, primeros auxilios y tipos de emergencia. Coordina los puestos de salud, a los cuales envía estudiantes que realicen el EPS de medicina. Cada puesto de salud consta de una enfermera auxiliar.

En el municipio de Villa Canales existen puestos de salud en: el Jocotillo, los Pocitos, los Dolores, Santa Elena Barrillas, Boca del Monte, Río Negro, el Porvenir y Santa Rosita, lo cual hace ver que del total del municipio solamente el 50% de las aldeas cuentan con una institución del Ministerio de Salud Pública.

En todo el municipio existe solamente un hospital privado, 15 clínicas privadas, tres veterinarias, 20 farmacias, dos estaciones de bomberos (una en la cabecera municipal y otra privada en TACASA).

La sub-estación de bomberos voluntarios de Villa Canales fue inaugurada el 4 de agosto de 1,979. La mayoría de emergencias que atiende se relacionan con accidentes de tránsito, primeros auxilios y pequeños incendios.

c) Educación. Se calcula que dentro de la población de 15 años y más del municipio de Villa Canales, el porcentaje de analfabetismo es de 15%.

c. Infraestructura y servicios básicos

1) Servicios de alumbrado público. El servicio de alumbrado público eléctrico en las aldeas y caseríos que conforman el municipio, ha mejorado considerablemente. Actualmente un 70% de las aldeas y caseríos cuentan con este servicio, sin embargo existen en las mismas, solicitud de ampliación, en el resto de aldeas y caseríos que carecen de éste, también existen solicitudes y en algunas ya se han hecho estudios lo que significa que está en proceso de gestión. Por lo que es importante orientarse a la implementación en los poblados que carecen de este servicio.

2) Servicios de agua potable. El 88% de las personas cuentan con servicio de agua potable. Sin embargo el otro 12% de la población no cuenta con este servicio y hacen uso de agua de pozo y de río, lo que representa un mayor esfuerzo al tener que trasladar el agua hasta sus viviendas, y la mala calidad de ésta representa un peligro potencial para la salud de la población.

3) Servicios sanitarios. En bajas condiciones económicas que enfrenta parte de la población les es difícil adquirir servicios sanitarios adecuados, lo cual presenta un riesgo a la salud de las personas al no contar con los servicios que mejoren sus condiciones de vida. Tal es el caso del servicio de drenaje que existe en la cabecera municipal y otras aldeas, pero no hay en todas las comunidades del municipio.

2. Crecimiento poblacional del departamento de Guatemala. La población de la República de Guatemala se duplicó en un período poco mayor a 20 años del año 1981 al año 2002, por lo que el crecimiento poblacional en el país es muy acelerado. En las siguientes gráficas y tablas se puede apreciar la población de la Republica y del departamento de Guatemala (lugar dónde se encuentra el área de interés del proyecto) a lo largo de los años. El siguiente análisis es basado en datos obtenidos de censos poblacionales de los años 1981, 1994 y 2002 realizados por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

Cuadro 1: Población según región, años 1981, 1994 y 2002.

Región	Censo 1981	Censo 1994	Censo 2002
Total	6,054,227	8,331,974	11,237,196
Guatemala	1,311,192	1,813,825	2,541,581

Fuente: Elaboración propia con datos del INE (1981, 1994 y 2002).

Cuadro 2: Incremento poblacional entre años 1981 y 1994.

Región	Censo 1981	Censo 1994	Incremento
Total	6,054,227	8,331,974	37.62%
Guatemala	1,311,192	1,813,825	38.33%

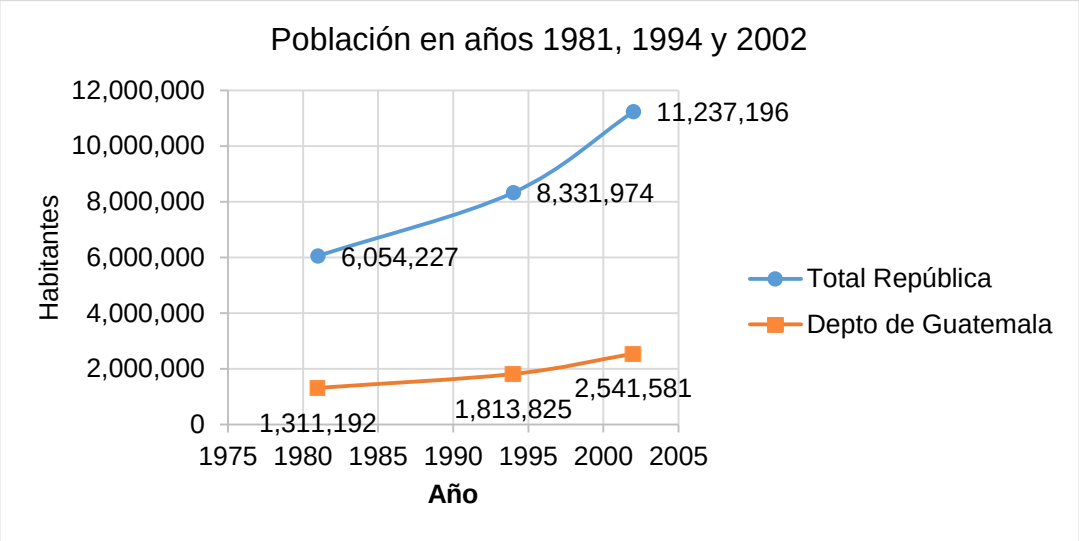
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (1981 y 1994).

Cuadro 3: Incremento poblacional entre años 1994 y 2002.

Región	Censo 1994	Censo 2002	Incremento
Total	8,331,974	11,237,196	34.87%
Guatemala	1,813,825	2,541,581	40.12%

Fuente: Elaboración propia con datos del INE (1994 y 2002).

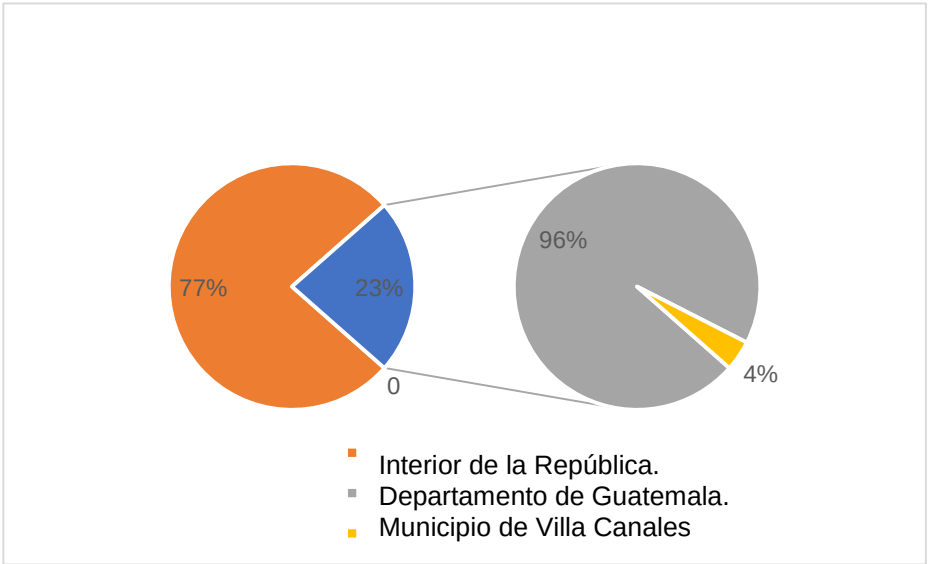
Ilustración 18: Población en años 1981, 1994 y 2002.



Fuente Elaboración propia

Como se puede observar en los cuadros el porcentaje de crecimiento del área metropolitana en los últimos años ha sido mayor que el porcentaje de crecimiento del país, la cantidad de habitantes en el departamento de Guatemala año con año aumenta significativamente, eso quiere decir que el área que se está estudiando crecerá a un ritmo similar debido a que es afectado por el rápido crecimiento de la Ciudad Capital por su cercanía a ella.

Ilustración 19: Población del municipio de interés en el año 2002



Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Cuadro 4: Porcentaje de población del municipio de interés con respecto a la población del departamento.

Población	Total	Porcentaje de población
Población República	11,237,196	100%
Población departamento de Guatemala	2,541,581	23% de la población total
Población de Villa Canales	103,814	4% de la población del departamento

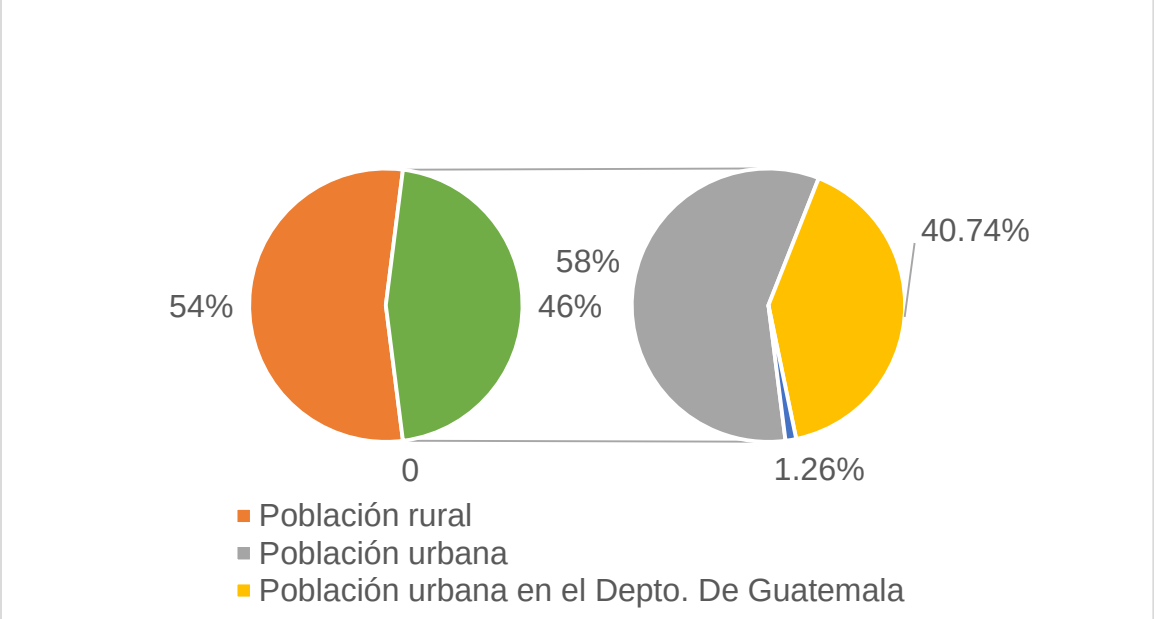
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Cuadro 5: Resumen de población en centros urbanos en el año 2002.

Población	Total	Porcentaje de población
Población República	11,237,196	100%
Población urbana	5,169,110	46% de la población total
Población urbana del departamento de Guatemala	2,186,669	42% de la población urbana
Población urbana de Villa Canales	74,638	3% de la población urbana del departamento

Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Ilustración 20: Poblados en centros urbanos en el año 2002.



Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Cuadro 6: Concentración y dispersión de población en centros urbanos del año 2002.

Regiones	Municipios	Más de 100 mil hab.	Más de 50 mil hab.	Más de 25 mil hab.	Más de 5 mil hab.	Menos de 5 mil hab.
República	331	4	11	24	153	139
Guatemala	17	3	5	3	5	1

Fuente: Segeplan con datos del INE (2002).

La población del departamento de Guatemala ha crecido a un mayor ritmo que el resto del país por lo que se puede notar la migración interna que se está dando hacia los centros urbanos, especialmente el área metropolitana que ocupa gran parte de la población del país. La concentración de población en esta área obliga a realizar inversiones cada vez mayores en equipamiento y servicios públicos, así como incrementar la generación de empleos para poder satisfacer las necesidades de la población.

La migración del área rural a las ciudades o centros urbanos se da como resultado a la falta de empleo, ingresos, servicios y oportunidades en el área rural, esta búsqueda de mejores condiciones de vida produce un crecimiento rápido de los centros urbanos los cuales en algunos casos no pueden llegar a satisfacer las necesidades de toda la población.

Este fenómeno es el causante de que los centros urbanos no puedan satisfacer al cien por ciento los servicios que deben de brindar al enfrentarse a una sobrepoblación no prevista, por lo que para frenar esta situación deben de implementarse planes de desarrollo de las actividades económicas en el área rural debido a que éste es el problema inicial.

Las políticas, planes y programas ejecutados durante varios períodos no han producido los cambios que se plantearon y para que exista un cambio funcional se deben de modificar los patrones de ocupación territorial que se han utilizado actualmente, de no ser así esto seguirá siendo un factor determinante en el agravamiento de la situación actual junto a factores económicos y sociales. La distribución poblacional debe de tener una orientación para que la dotación de infraestructura económica y social mantenga el equilibrio del medio ambiente urbano y rural.

a. Líneas de acción. La cabecera municipal de Villa Canales se ha dispersado hacia otros sitios, en dirección oeste hacia el lago de Amatitlán, el cual puede ser un proyecto de alto perfil pero de bajo rendimiento a largo plazo. Para evitar este desplazamiento poblacional es importante trabajar con asociación de municipios, llamadas mancomunidades, que permitirán una distribución y canalización más realista en la asignación de recursos públicos y privados; y se focalizaría la ayuda en donde hace falta y así se podrá desarrollar el territorio positivamente.

En Guatemala hay al menos 16,000 poblados menores en la forma de caseríos dispersos, de estos sólo aproximadamente 3,800 cuentan con más de 2,000 habitantes. El resto, 12,200 poblados (76%) cuentan con

menos de 500 habitantes. Es más, en el país hay aproximadamente 500 pueblos en donde habitan menos de 50 personas. Algunos de estos poblados los separa una corta distancia pero son a la vez mutuamente inaccesibles, por lo que la inversión en infraestructura vial para interconectar los poblados es un factor muy importante para el desarrollo poblacional, económico y social.

3. Análisis poblacional.

a. Tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento actual se determina aplicando la siguiente ecuación; empleándose en ellas los datos de población más recientes que se disponen (censo 2002). Preferiblemente se deben de tener datos de censos con dos o tres años de antigüedad para poder analizar tendencias actuales no deducirlas de censos de más de 10 años de antigüedad, ya que la tendencia actual, y las necesidades de planeación, pueden diferir radicalmente de lo ocurrido antes.

$$Tc\% = ((P_{i+n} / P_i)^{1/n} - 1) * 100$$

Donde:

$P_i =$ Población que existe al iniciar el período de tiempo "i". Expresada en años.

$P_{i+n} =$ Población que habrá "n" períodos después del tiempo "i". Es decir para el año "i+n".

$Tc =$ Tasa de crecimiento promedio entre cada par de períodos consecutivos, expresada en valor real (no en porcentaje).

$n =$ Número de períodos que hay entre P_i y P_{i+n}. Es decir, el tiempo transcurrido entre la condición inicial y final, medido en ciclos homogéneos (años en este caso).

Se obtiene una tasa de crecimiento para el departamento de Guatemala por falta de datos específicos de municipios de censos anteriores al censo de 2002, tomando como población inicial (Pi) el del censo de 1994 y población final (Pi+n) del censo 2002. Teniendo un período de ocho años (n) entre los censos.

$$Tc\% = ((2{,}541{,}581/1{,}813{,}825)^{1/8} - 1) * 100$$
$$Tc\% = 4.307028036$$

b. Proyección demográfica a mediano y largo plazo. El procedimiento de proyección se basa en la siguiente ecuación, que corresponde a un crecimiento exponencial con factor constante. Este procedimiento permite conocer la población que habrá en los poblados después de que haya transcurrido un determinado número de determinados períodos de tiempo (meses, estaciones, semestres, años), en este caso será en años.

$$P_{i+n} = P_i(1+Tc)^n$$

1) Cálculo de la población actual (año 2014). Se realiza una proyección al año 2014 (situación actual aproximada) utilizando la tasa de crecimiento anteriormente calculada y tomando como base la población del poblado de Villa Canales y de Santa Elena Barrillas del año 2002 proporcionada por el censo municipal.

Villa Canales

$$P_{2014} = P_{2002}(1+Tc)^{12}$$

$$P_{2014} = 5693(1+0.04307028036)^{12}$$
$$P_{2014} = 9{,}443hab$$

Santa Elena Barrillas

$$P_{2014} = P_{2002}(1+Tc)^{12}$$

$$P_{2014} = 7851(1+0.04307028036)^{12}$$
$$P_{2014} = 13{,}022hab$$

2) Cálculo de la población a largo plazo (año 2024).

Villa Canales

$$P_{2024} = P_{2014}(1+Tc)^{10}$$
$$P_{2024} = 9{,}442(1+0.04307028036)^{10}$$
$$P_{2024} = 14{,}396hab$$

Santa Elena Barrillas

$$P_{2024} = P_{2014}(1+Tc)^{10}$$
$$P_{2024} = 13{,}022(1+0.04307028036)^{10}$$
$$P_{2024} = 19{,}853hab$$

El crecimiento demográfico del municipio de Villa Canales ha sido acelerado como sucede en la mayoría de todos los municipios del departamento, especialmente los de la región sur que son considerados municipios dormitorio.

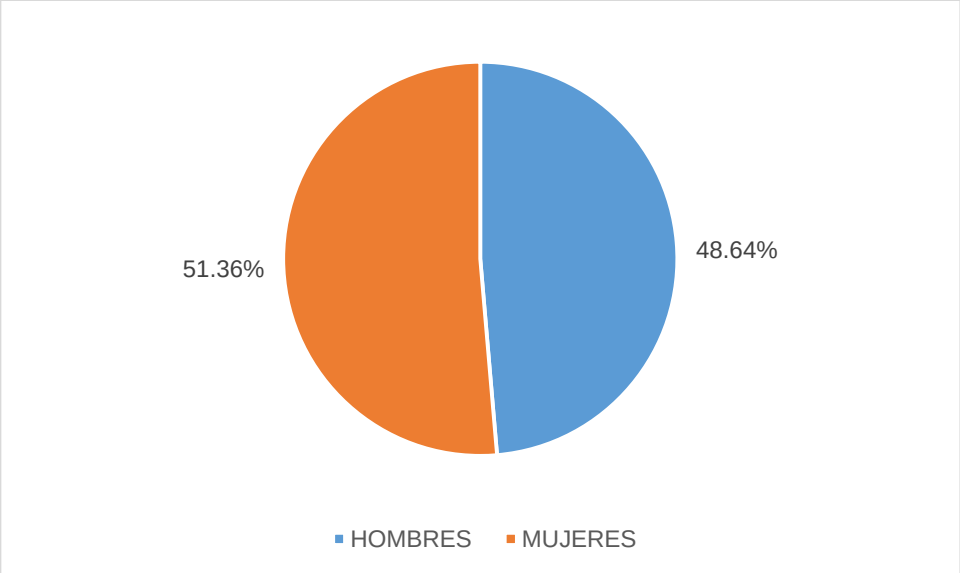
c. Distribución de la población por sexo, edad y grupo étnico. Es importante tomar en cuenta conocer cómo está distribuida la población del municipio porque los diferentes grupos de edad requieren de atención y servicios diferentes. A continuación se presentan dos cuadros con información de la población y sus respectivas proyecciones a 2014 y 2024.

Cuadro 7: Distribución de la población en la cabecera municipal de Villa Canales.

Año		2002	2014	2024
Población	Total	7851	13022	19853
Sexo	Hombres	3949	6550	9986
	Mujeres	3902	6472	9867
Grupo de edad	00-15	3217	5336	8135
	15-50	4240	7033	10722
	50-más	394	654	996
Grupo étnico	Indígena	148	245	374
	No indígena	7703	12777	19479

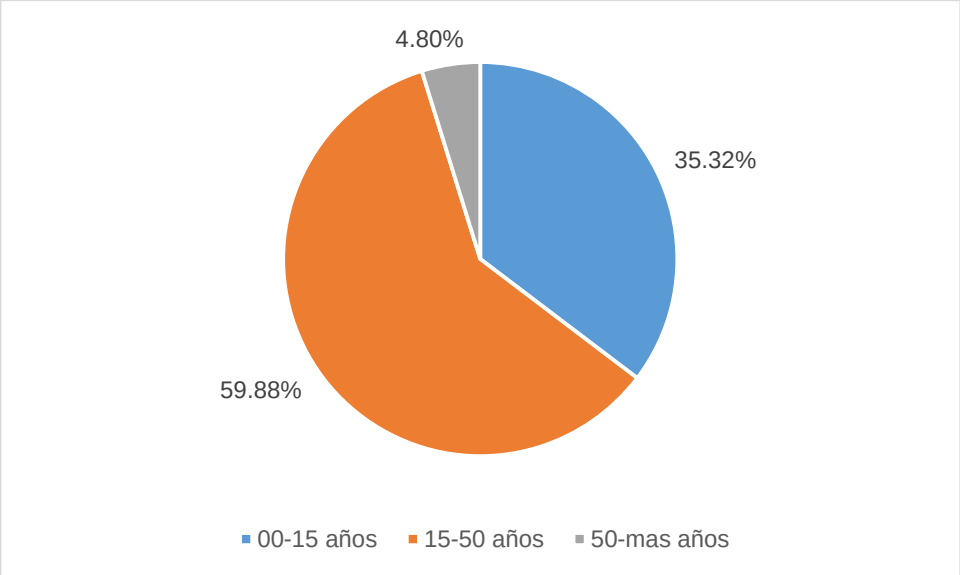
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 21: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por sexo.



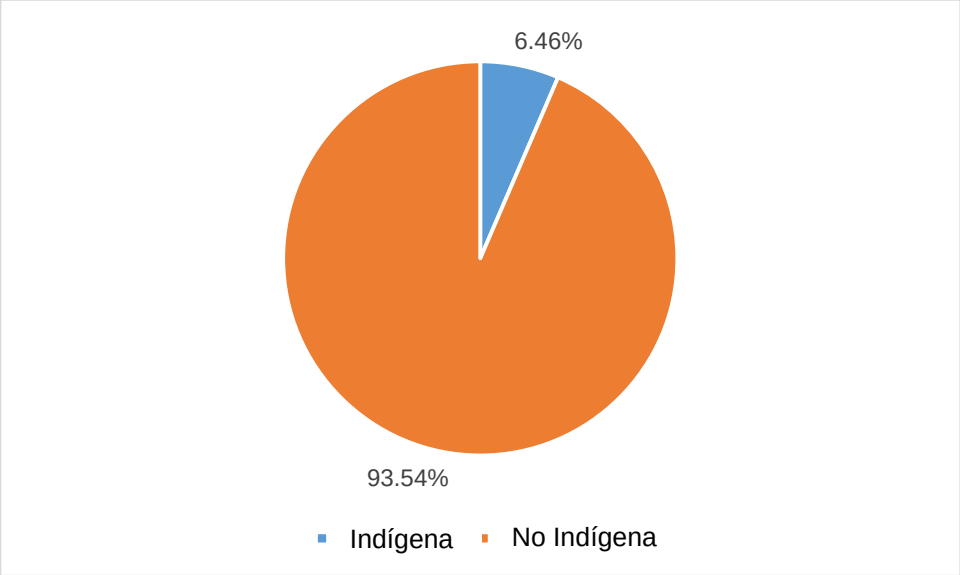
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Ilustración 22: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por grupo de edad.



Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Ilustración 23: Distribución de la población de la cabecera municipal de Villa Canales por grupo étnico.



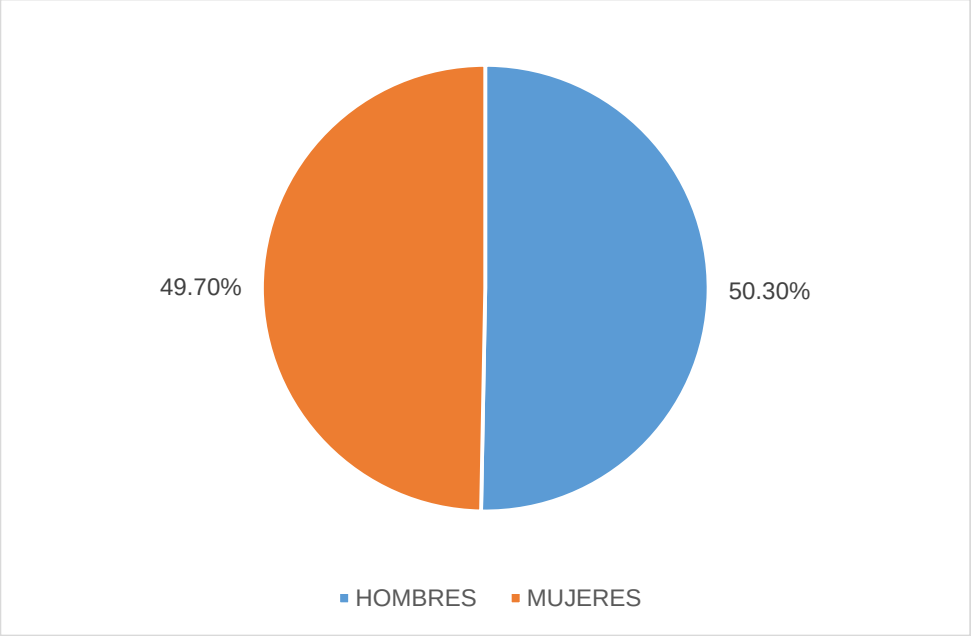
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Cuadro 8: Distribución de la población en la aldea de Santa Elena Barrillas.

Año		2002	2014	2024
Población	Total	5693	9443	14396
Sexo	Hombres	2769	4593	7002
	Mujeres	2924	4850	7394
Grupo de edad	00-15	2011	3336	5085
	15-50	3409	5654	8620
	50-más	273	453	690
Grupo étnico	Indígena	368	610	931
	No indígena	5325	8832	13465

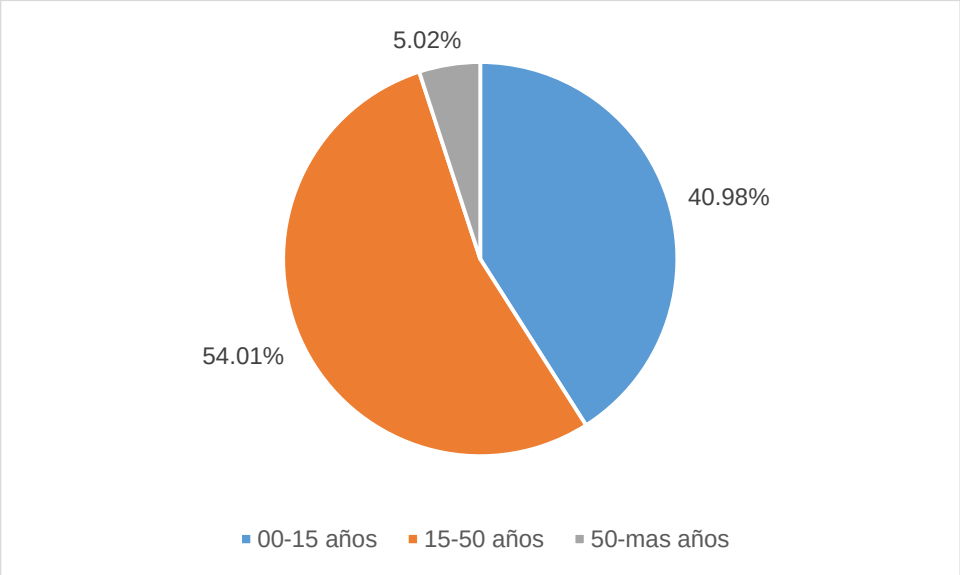
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 24: Distribución de la población Santa Elena Barrillas por sexo en el año 2002.



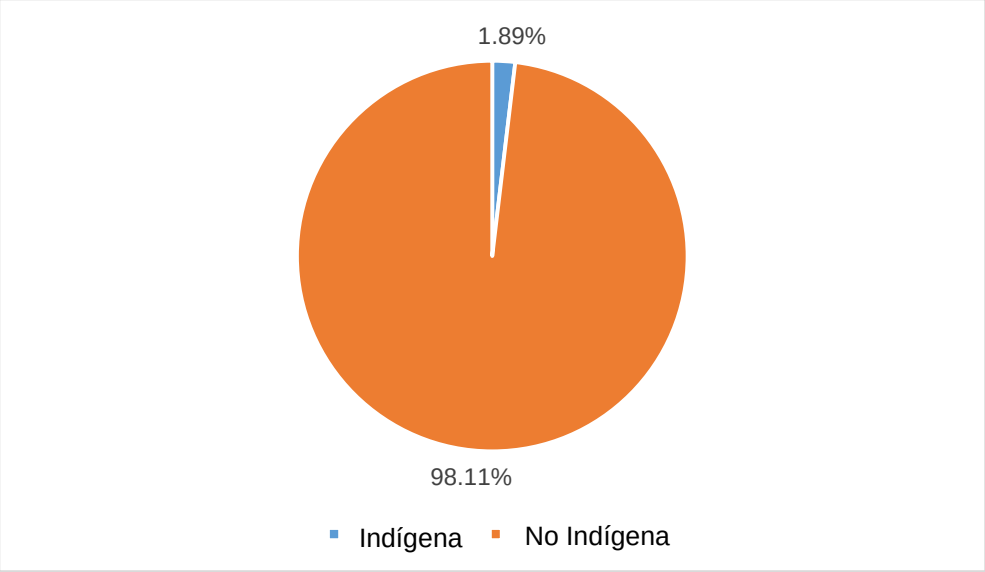
Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

Ilustración 25: Distribución de la población de Santa Elena Barrillas por grupo de edad en el año 2002.



Fuente: Elaboración propia con datos del INE (2002).

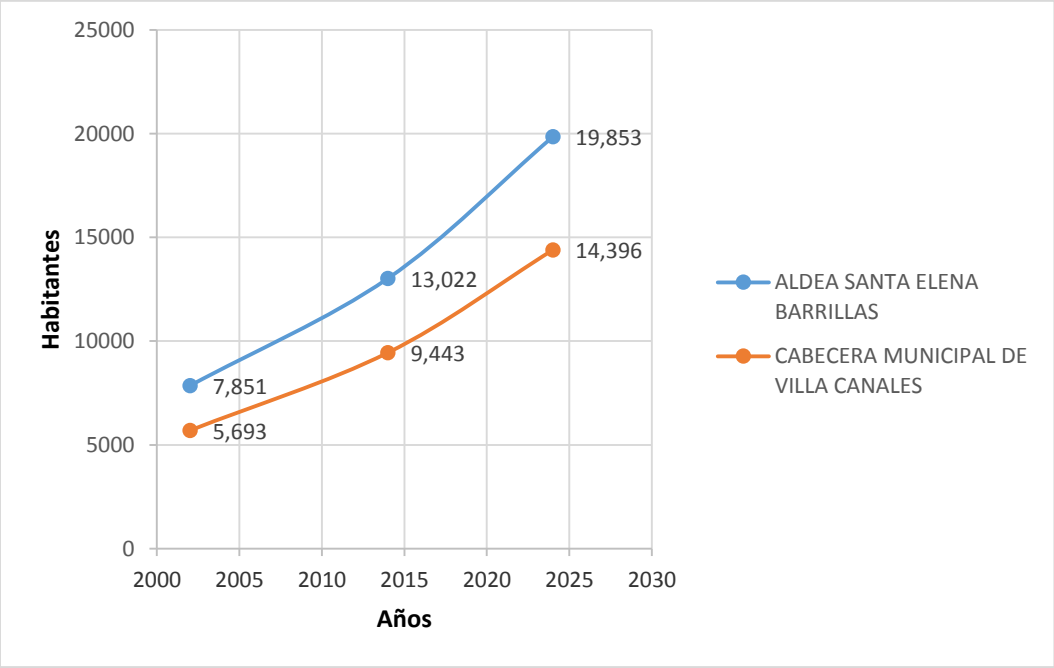
Ilustración 26: Distribución de la población en Santa Elena Barrillas por grupo étnico en el año 2002.



Fuente: Elaboración propia con datos del INE.

En cuanto a la distribución de la población por edad en la cabecera municipal el 35% de la población es menor a 15 años mientras que en la aldea de Santa Elena Barrillas el 41% por lo que se nota una leve diferencia en el control de natalidad en la cabecera con respecto a al otro poblado. Respecto a la división por sexo, no existe mayor diferencia entre hombres y mujeres ya que cada sexo equivale aproximadamente al 50% de la población. En relación al grupo étnico, los habitantes del área son predominantemente ladinos en un 94% en la cabecera y un 98% en Santa Elena Barillas.

Ilustración 27: Proyección de la población a 2024.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los porcentajes de la población según en qué área estén asentadas:

Cuadro 9: Porcentaje de la población en área rural y urbana.

Municipio	Porcentaje en área rural	Porcentaje en área urbana
Villa Canales	29%	71%

Fuente: Elaboración propia con datos de Segeplan.

La mayoría de la población del municipio vive en un área urbana distribuida aproximadamente en 58 centros poblados entre aldeas, caseríos y poblados.

d. Densidad poblacional. La densidad poblacional a nivel de municipio es de 294 habitantes por kilómetro cuadrado (4.87hab/ha), una densidad relativamente baja al promedio departamental (1195.4 habitantes por kilómetro cuadrado) pero muy superior al promedio nacional (103 habitantes por kilómetro cuadrado), según datos obtenidos del censo 2002. El municipio de Villa Canales tiene un área aproximada de 35,300 hectáreas y la población según la proyección a 2014 es de aproximadamente 172,194 habitantes, por lo tanto obtenemos una densidad actual igual a:

$$Densidad = Hab./área$$

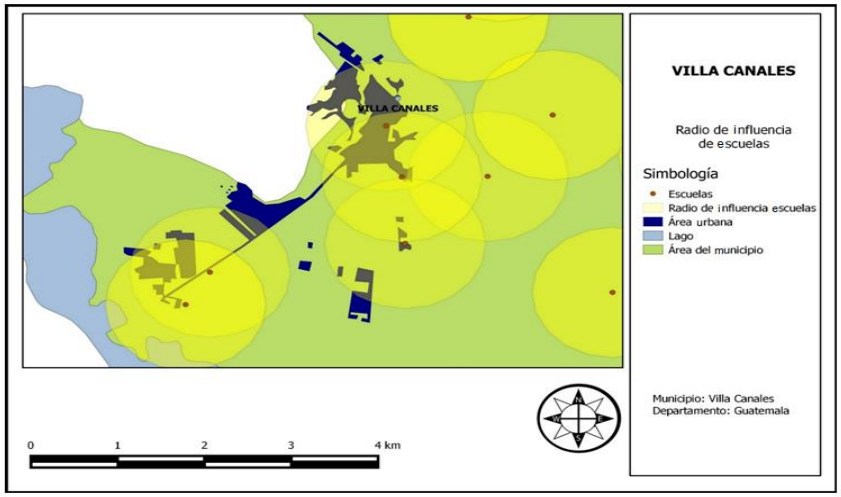
$$Densidad = 172{,}194 hab / 35300 ha$$
$$= 4.87 hab / ha$$

e. Migración. En este municipio no se presenta éste fenómeno social debido a la cercanía de estas comunidades a fuentes de empleo en la Ciudad Capital y en el Municipio de Villa Nueva entre otros.

4. Análisis del equipamiento.

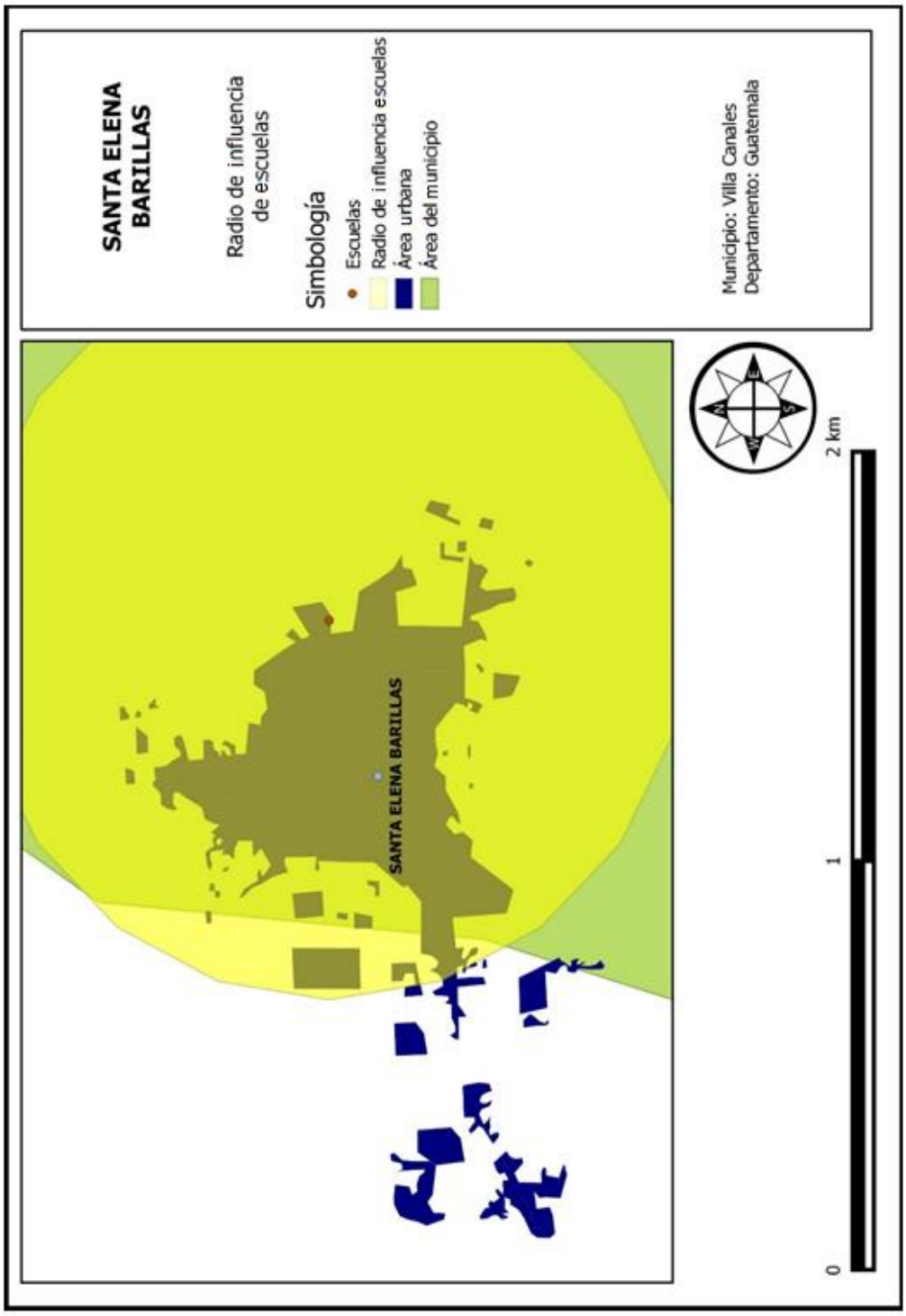
a. Concentración de servicios de educación. Según lo establecido por (Ministerio de Educación, unidad sectorial de investigación y planificación escolar, 2007) en la normativa para la infraestructura escolar el radio de influencia, según el nivel escolar primario en un área urbana, se considera una distancia de recorrido a pie de 500 mts. a 1,200mts. en un tiempo de 15 a 30 minutos. Las escuelas existentes en el centro urbano de la cabecera municipal y de la aldea Santa Elena Barrillas están muy bien ubicadas ya que por su ubicación central y su fácil acceso evita que los niños necesiten recorrer largas distancias para tener acceso a la educación. Sin embargo quedan áreas no cubiertas por estas escuelas en las que una pequeña parte de la población se encuentra en la necesidad de recorrer más distancia de la recomendada.

Ilustración 28: Ubicación de escuelas en el área de Villa Canales.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 29: Ubicación de escuelas en Santa Elena Barrillas.

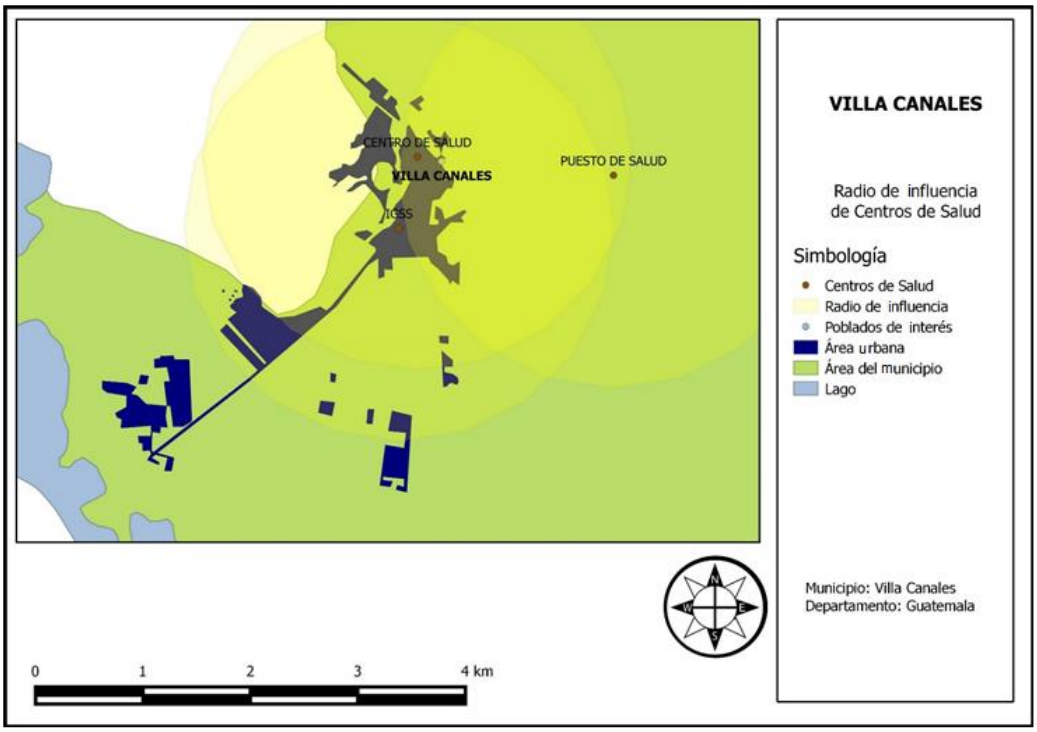


Fuente: Elaboración propia.

b. Concentración de servicios de salud. Existen varios niveles de atención entre los servicios del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y en la cabecera municipal encontramos cerca un puesto salud, y dentro del casco urbano un centro de salud y un IGSS. El centro de salud es un establecimiento de segundo nivel de atención que generalmente se encuentra en las cabeceras municipales, como en este caso, y poblados de 5,000 a 20,000 habitantes. Por lo que este cubre a la totalidad de la población del centro urbano en referencia, prestando los servicios de salud establecidos para su categoría y coordina la prestación de estos servicios a los establecimientos de menor categoría ubicados en su área de influencia. El radio de influencia de fácil acceso determinado bajo criterio propio es de dos kilómetros por lo que una persona puede caminar fácilmente hacia uno de estos establecimientos en búsqueda de servicios básicos de salud, sin embargo existen otros medios de transporte que una persona puede utilizar para poder llegar a estos servicios.

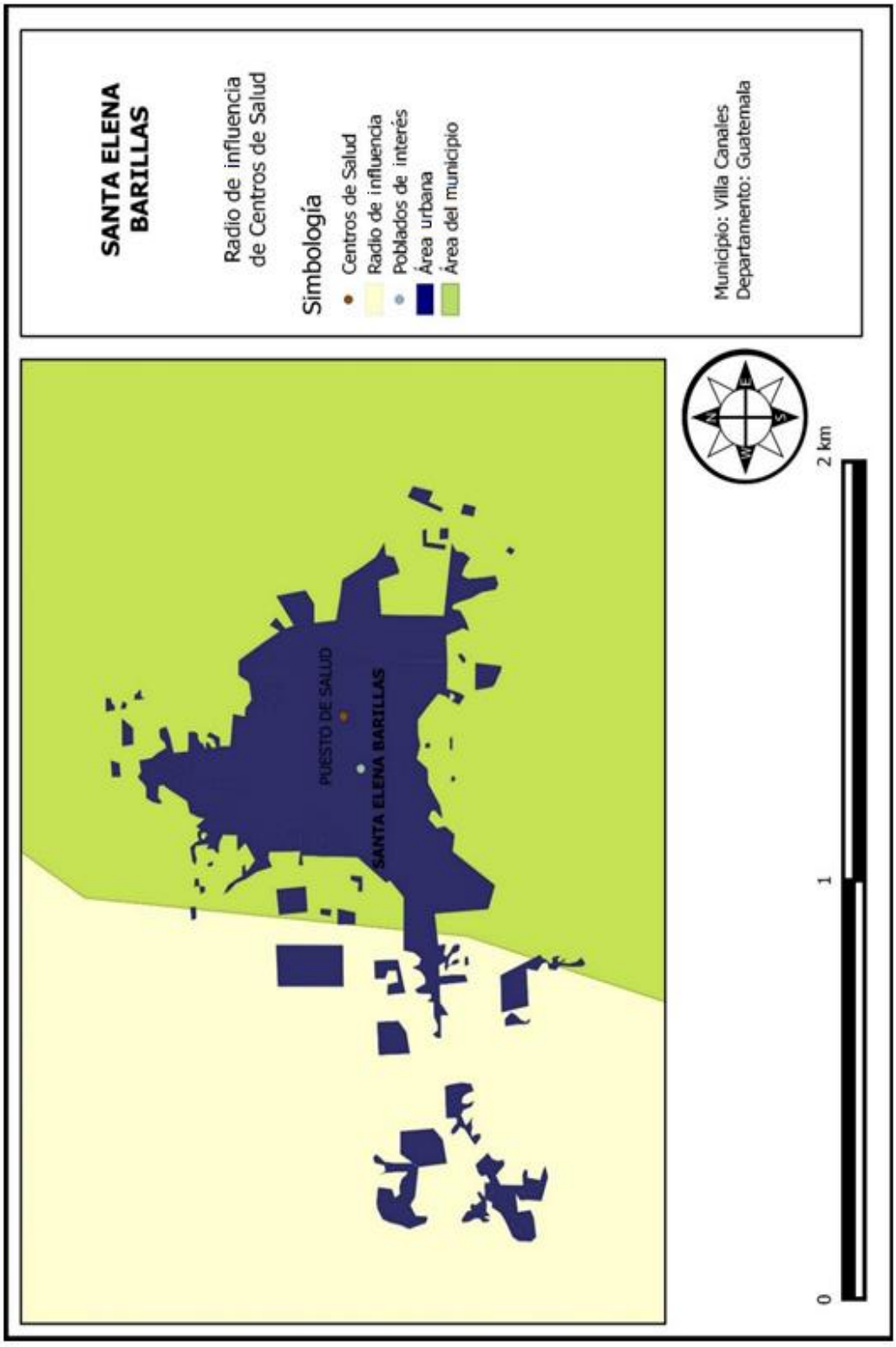
En Santa Elena Barrillas se encuentra un puesto de salud que es un establecimiento de primer nivel de atención, este tipo de establecimiento se encuentra ubicado en aldeas, como en este caso, cantones, caseríos y barrios de los municipios. Cubre dos mil habitantes como promedio y sirve de enlace entre la red institucional y el nivel comunitario. Existen puestos de salud fortalecidos con una complejidad mayor que cubre a una población promedio de 5,000 habitantes. Este establecimiento no tiene la capacidad de cubrir a la población total del poblado debido a que es mayor a la cantidad de personas que un Puesto de Salud puede cubrir, por lo que es requerido convertir este puesto de salud en un centro de salud.

Ilustración 30: Ubicación de centros de salud en Villa Canales.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 31: Ubicación de centros de salud en Santa Elena Barrillas.

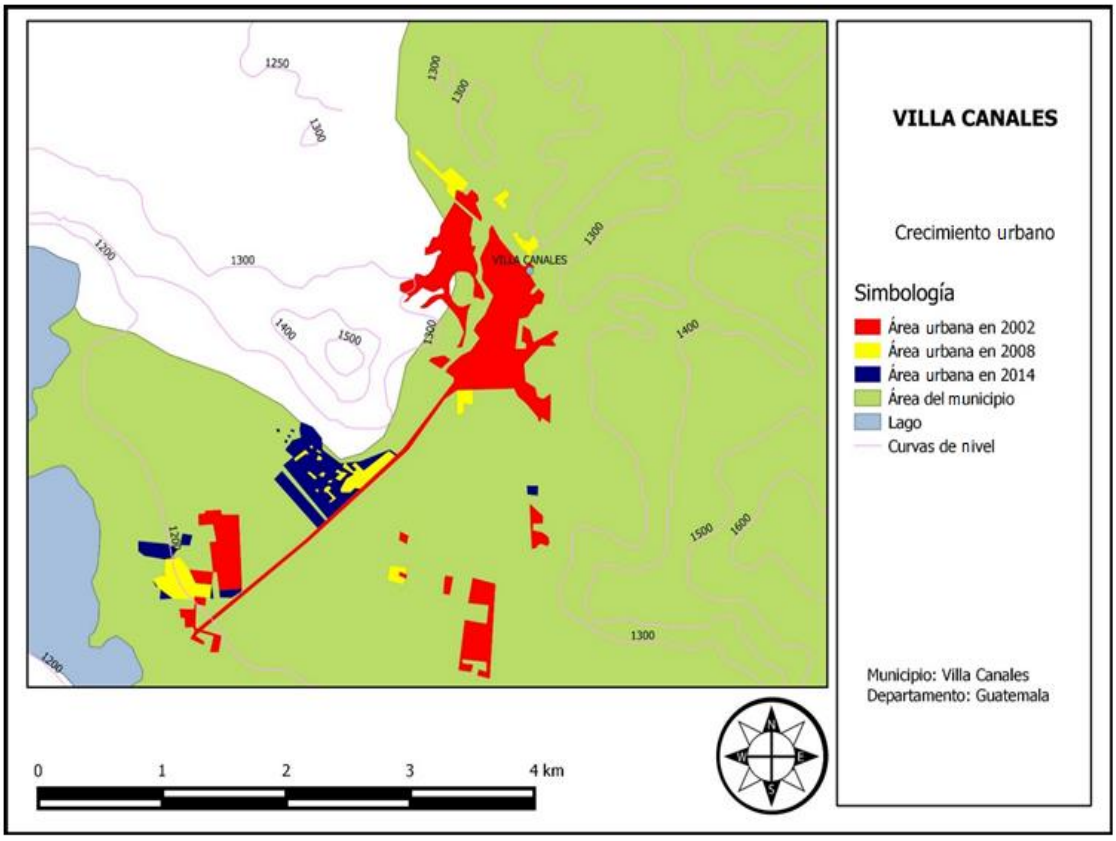


Fuente: Elaboración propia.

5. Análisis de la tendencia de crecimiento del área urbana. La tendencia de este crecimiento en la cabecera municipal es limitada hacia algunas direcciones debido a las pendientes del terreno en los alrededores norte del poblado en dirección a Santa Catarina Pinula y la Ciudad de Guatemala, por lo que ha habido un crecimiento alejado del casco urbano en dirección al oeste y sur oeste, en los alrededores del lago de Amatitlán, porque se presenta una planicie de gran tamaño, lo que vuelve a esta zona habitable debido a su pendiente muy pequeña.

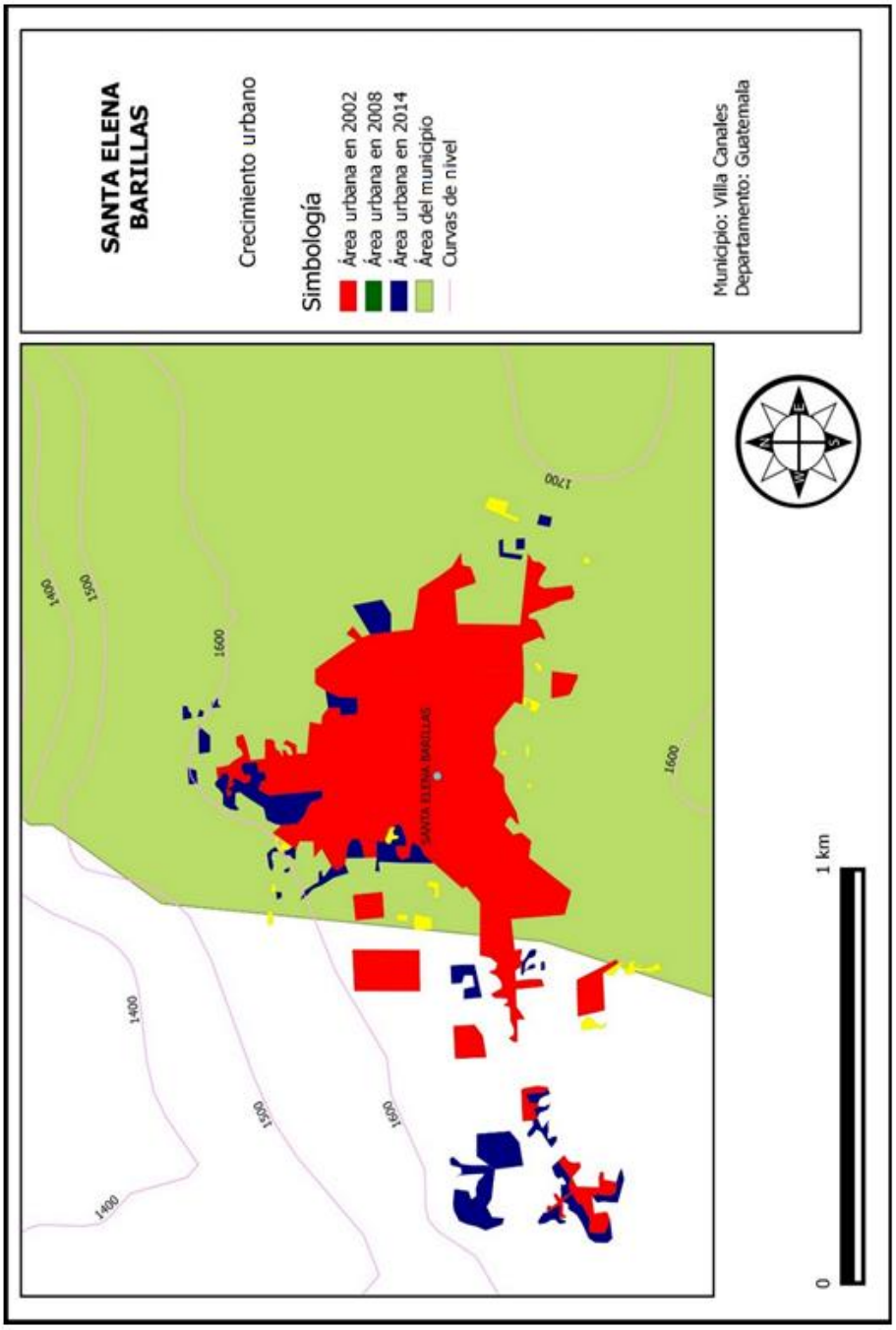
En cuanto a Santa Elena Barrillas la tendencia de crecimiento se ha producido en pequeña escala en el norte y en el oeste del poblado, las pendientes del terreno en los alrededores limitan el área al cual se puede expandir este poblado. Sin embargo los datos de las proyecciones poblacionales muestran que esta aldea alberga una gran cantidad de habitantes por lo que se determina que en lugar de crecer expandiéndose, se está densificando.

Ilustración 32: Crecimiento urbano de Villa Canales del año 2002 al año 2014.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 33: Crecimiento urbano en Santa Elena Barrillas del año 2002 al año 2014.



Fuente: Elaboración propia.

a. Área urbana necesaria para el crecimiento futuro

$$A = \frac{Población}{Densidad}$$

Utilizando como población base la diferencia entre la población proyectada del año 2024 que se encuentra en tablas anteriores con la población proyectada actual del año 2014. Esta área es la necesaria para que la futura población pueda distribuirse en los centros urbanos con base en la densidad poblacional encontrada.

Villa Canales

$$A = \frac{4{,}953 hab}{4.87 hab/ha} = 1{,}015.38 ha$$

Santa Elena Barrillas

$$A = \frac{6{,}831 hab}{4.87 hab/ha} = 1{,}400.27 ha$$

6. Posibles soluciones para planificar el crecimiento. Es muy importante poder planificar los servicios básicos y otros aspectos importantes en un poblado cuando presenta un crecimiento para poder controlarlo y orientar este crecimiento hacia la dirección adecuada, y así lograr un poblado ordenado en un futuro con todos los servicios necesarios para poder brindarle a la población una calidad de vida aceptable.

El crecimiento está estrechamente vinculado con la fertilidad, el crecimiento demográfico descontrolado puede llevar a la escasez de ciertos alimentos debido a los recursos limitados y a no poder cubrir otros servicios por lo que es necesario controlar y planificar este crecimiento poblacional.

Una posible solución que en algunos países han implementado, extrema pero eficaz, es mediante la implementación de leyes que prohíben la alta fecundidad. Como la política de un único hijo en China. Sin embargo, Guatemala no presenta una sobrepoblación como otros países para implementar este tipo de soluciones.

Es muy importante informar a la población acerca de la planificación familiar e invertir en programas del tema para reducir significativa las tasas de natalidad y reducir el crecimiento demográfico, así como brindar educación sexual y métodos anticonceptivos para prevenir embarazos no deseados.

La economía también juega un papel vital en la determinación del crecimiento de la población. Los países desarrollados tienden a tener un menor crecimiento poblacional, a estar más urbanizados y a tener un costo de vida más alto, mientras que en los países en vías de desarrollo el costo de vida es menor. Cuando el costo de tener un hijo es más alto evita que los padres tengan más hijos. En el caso de áreas donde el costo de tener hijos es baja, los padres tienden a tener más ya que estos también pueden contribuir trabajando. El desarrollo económico y la urbanización en los países en vías de desarrollo como Guatemala pueden conducir a un menor crecimiento de la población con el tiempo.

Para controlar el crecimiento urbano físicamente se puede implementar una reforma de reforestación o proclamar área protegida en los alrededores del área urbana, creando una barrera forestal dónde se desea limitar el crecimiento. Esto se ha realizado en varias ciudades en el mundo para controlar el crecimiento y producir una densificación poblacional, ya que no permite el crecimiento horizontal y la población tiene a buscar soluciones verticales, por lo que es muy importante dirigir el crecimiento fomentando proyectos de densificación vertical controlada. También si se desea que los poblados sigan expandiéndose horizontalmente es recomendable urbanizar el área o la dirección en donde se quiere que se expanda y dotar a ésta área de los servicios necesarios para que sea atractivo para la población futura; mediante una adecuada distribución de las actividades económicas y de los servicios para que se llegue a un equilibrio satisfactorio entre el desenvolvimiento urbano y rural, y los poblados crezcan ordenadamente como lo planificado. Un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) es una solución para determinar en qué zonas se podrá edificar y en cuales se podrán seguir expandiendo los poblados.

Al elegir la dirección adecuada para que el poblado crezca se deben tener consideraciones importantes para poder urbanizar de forma correcta como proteger las propiedades contra la proximidad de predios peligrosos o molestos, mantener una relación armónica entre los diversos usos de la tierra basándose en las teorías de planificación, división adecuada de los terrenos, disponibilidad de facilidades y servicios públicos, seguridad, salubridad, comodidad y ornato de las construcciones.

Se debe implementar un plan de desarrollo urbano donde reglamente la zonificación para usos del suelo; el fraccionamiento y urbanización acerca de la división y habilitación urbana de los terrenos; el mapa oficial del centro urbano para prever y conservar espacios para vías públicas y áreas comunes; un reglamento de renovación urbana para reglamentar el mejoramiento o rehabilitación de áreas en proceso en condiciones de deterioro; y un reglamento de construcción.

El reglamento de zonificación dividirá el área urbana en diferentes zonas con usos diferentes con fines agrícolas, industriales, comerciales, residenciales y públicos; estos usos se determinarán con base en la localización, inclinación del terreno, sitios con importancia histórica, recursos naturales conservables, áreas

inundables o peligrosas como las que se encuentran en la periferia del poblado, a fin de controlar el crecimiento en los alrededores. Si se llegase a implementar este reglamento los propietarios deberán de obtener un certificado municipal que acredite la conformidad de uso a los requerimientos de la zonificación.

El reglamento de fraccionamiento y urbanización debe especificar bajo qué condiciones municipales se permitirá el fraccionamiento, urbanización o ambos, incluyendo los aspectos correspondientes al acceso a la vía pública, lotificación y amanzanamiento y a la cesión de áreas para uso público. Así como normas sobre la construcción de calles y banquetas, pavimentos, tuberías de agua potable, drenajes, electrificación y alumbrado público. El reglamento del mapa oficial establecerá las normas sobre reservas, adquisición, uso y conservación de las áreas necesarias para vías, parques, plazas, edificios y demás usos comunales, expresando la localización y el tamaño de las áreas; este mapa junto con los planos o el catastro lo que complementará constituirá un registro especial indiscutible sobre la propiedad a dominio público de los terrenos o espacios entregados a usos públicos.

El reglamento de renovación urbana contendrá las regulaciones que se adopten en la localidad para conservar, rehabilitar o remodelar las áreas urbanas defectuosas, deterioradas o en decadencia, tomando en cuenta la parcelación o edificación, la carencia de servicios y facilidades públicas o cualquier aspecto relacionado con la seguridad, salubridad y bienestar general.

El reglamento de construcción especificará las reglas locales referentes a la seguridad, salubridad y ornato de las estructuras o edificaciones, sin quebranto a las leyes existentes relacionadas. Este reglamento regulará todas las construcciones a realizarse o en proceso de construcción dentro del municipio.

VII. CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA, BOSQUES Y TURISMO

A. Marco teórico

1. Ordenamiento territorial. Según Getz (1987) citado por Araya (2004), el ordenamiento territorial:

<<es un proceso basado en la investigación y la evaluación que trata de optimizar la contribución potencial del turismo al bienestar social y a la calidad ambiental>>.

Es una herramienta administrativa que permite definir y gestionar el uso eficiente de los recursos humanos, físicos estructurales y naturales (Melgar, 2001). Asimismo, también puede definirse como una herramienta en la cual se obtiene información sobre el espacio social, cultural, ambiental y económico de una región de interés; con el fin de proponer la política para organizar y planificar actividades productivas para conservar los recursos a largo plazo permitiendo a las sociedades satisfacer sus necesidades básicas (Nanne, 2013). El ordenamiento territorial se logra a través del desarrollo de una planificación cuidadosa que incluye varios factores entre ellos: factor base, factor urbano y de interconexión, factor turístico, factor industrial, factor de contexto natural, factor agropecuario (Morales, 2010).

El Plan de Ordenamiento Territorial permite analizar las áreas y zonificarlas para que las comunidades obtengan un mayor provecho del territorio y respondan a las necesidades reales e intereses de la población (Nanne, 2013). Entre los beneficios que puede llegar a alcanzar por medio del ordenamiento territorial, se encuentra el aumento de calidad de vida para toda la población del territorio, la conservación y uso adecuado de forma sostenible de los recursos naturales, el incremento a largo plazo el potencial del suelo y de los recursos que se encuentran el área de estudio (Araya, 2004).

En otras palabras se refiere a un trabajo que abarca un conjunto de actividades multidisciplinarias concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos tomando en cuenta sus potencialidades y limitaciones; buscando el desarrollo socioeconómico y considerando las necesidades e intereses de la población. La planificación es considerada una etapa en el manejo de los recursos de la tierra. Las guías de la FAO para la planificación del uso de la tierra tienen como propósito seleccionar y poner en práctica aquellos usos que mejor satisfagan las necesidades de la población y al mismo tiempo salvaguarden los recursos para el futuro.

2. Antecedentes del POT en Guatemala. En Guatemala, existen pocos estudios de Plan de Ordenamiento Territorial en cuanto al tema de factor turístico. Sin embargo, entre los que existen, el innovador estudio de Michelle Nanne (2013), en el que la autora propone y hace uso de una metodología de POT para el estudio del factor turístico en comparación con otras metodologías de identificación de atractivos y potenciales turísticos. Después de un análisis de datos, ella identifica similitud entre algunos, y realiza un

estudio de oferta existente, así como también potencial para definir un plan de desarrollo turístico. Se recomienda para un estudio más útil y aplicable, realizar también un estudio de la demanda real y potencial, así como el potencial del mercado meta.

En Guatemala el hacer proyectos relacionados con Ordenamiento Territorial resulta bastante complejo debido a la falta de una legislación específica que institucionalice el tema de Ordenamiento Territorial de una manera como tal (Nanne, 2013). Algo positivo en el asunto es que por lo menos últimamente han sido desarrollados instrumentos jurídicos que apoyan el proceso de ordenamiento territorial; leyes y reglamentos que hacen referencia al tema, el apoyo y funcionamiento de los Consejos de Desarrollo, al potencial de desarrollo de las regiones, a la formulación de políticas de desarrollo urbano y rural y al traslado de competencias y recursos de los municipios (Melgar y Sanna, 2011).

Dentro del país se han realizados en el tema de ordenamiento territorial, proyectos como el de "Planificación Estratégica Territorial Trinacional 2008-2023" realizado por la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, en el cual se impulsa la integración y desarrollo sostenible en la República de Guatemala, Honduras y El Salvador; tomando en cuenta 15 municipios del país. También existió otro tipo de ordenamiento territorial en el proyecto de "Desarrollo de información científica para promover la planificación municipal para reducir riesgos a desastre" en la cual utilizan la metodología en las cuencas de Suchiate, Nahualate, Madre Vieja y Coyolate para reducir los riesgos y desastres (Morales, 2010). El "Plan de Ordenamiento Urbano –POU- de San Francisco, Petén" es otro ejemplo por medio de la cual se utiliza el ordenamiento territorial con el fin de manera y desarrollar de manera sostenible de la cuenca del lago Petén Itzá (MARN, 2007).

Por otro lado, el gobierno de Guatemala 2012-2016, SEGEPLAN según menciona Nanne (2013) han aumentado sus intereses en la realización de dichos trabajos a nivel municipal brindándoles asesoría técnica para la realización de los Planes de Ordenamiento Territorial, por lo que se han realizado varios estudios los cuales aún no han sido ejecutados por las instituciones y poblados interesados. Como indica Nanne (2013), esto se interpone como una dificultad para el investigador, ya que el hecho de que los proyectos aún no han sido realizados, hace que no se tenga acceso a los resultados de las mismas propuestas que han sido ejecutadas con anterioridad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO (Food and Agriculture Organization), establece una metodología para realizar un estudio de planificación de uso del suelo y la tierra; juntamente con el INAB se realizan nueve fases con ciertos requisitos para determinar la capacidad de uso del suelo como el principal apoyo para consultar lo que para Guatemala se recomienda en el área técnica.

Al hablar de la planificación del uso del suelo y la tierra es necesario diferenciar ambos términos, la tierra en si engloba muchos elementos como los depósitos superficiales, los recursos agua, clima también animales y vegetales que se han desarrollado como resultado de la interacción de esas condiciones físicas,

por otro lado las actividades humanas que cambia completamente esas condiciones en el establecimiento de cultivos o estructuras, que son vistas como características de la tierra, estos cambios de uso de la tierra generan un impacto sobre otros factores como la flora y la fauna, los suelos, la distribución del agua y el clima; cambios que se analizan y se estudian en la eco dinámica del sistema que son muy importantes en la planificación y manejo de los recursos de la tierra.

3. Planificación del uso de la tierra. Es la evaluación sistemática del potencial de tierras y agua, modelos alternativos de aprovechamiento y otras condiciones físicas, sociales y económicas con el fin de seleccionar y adoptar opciones de aprovechamiento de la tierra que sean beneficiosas para los dueños de las tierras, sin degradar los recursos naturales ni el ambiente. Para satisfacer los objetivos de la planificación, se deben seguir estrategias que permitan una implementación efectiva del plan. Tales estrategias pueden involucrar el uso de incentivos, regulaciones o una combinación de ambos. Los incentivos pueden ser sociales o económicos o relacionados a las estructuras o al conocimiento, la introducción de un enfoque integrado e interactivo a la planificación de uso de la tierra puede proporcionar una oportunidad conveniente para que el gobierno revise sus políticas y estrategias de desarrollo sostenible y de conservación de los recursos naturales.

4. Disponibilidad de tierra. A pesar del papel de la tecnología para apoyar el mayor número de personas que pueden ser soportadas por la biósfera terrestre, hay un límite finito de los recursos disponibles de la tierra. La FAO estima que un área total de 2,500 millones de hectáreas de tierra en el mundo en desarrollo tiene algún potencial para agricultura, si bien dos tercios de la tierra son clasificados teniendo limitaciones importantes debido a la topografía o a las condiciones del suelo, por lo que no toda esta tierra está disponible para las actividades agrícolas. Sin embargo, la tierra no está uniformemente distribuida entre o dentro de los países, y la diferencia en acceso a la tierra en relación a las necesidades de la población son más importantes que los totales globales. Basada en una evaluación del potencial de producción de la tierra disponible y la proyección de crecimiento de población en 117 países en desarrollo, la FAO concluyó que en el año 2000, 64 países no serían capaces de soportar sus poblaciones a partir de los recursos de sus tierras usando solamente sistemas basados en pocos insumos.

La tierra se está convirtiendo en un recurso cada vez más escaso, especialmente la tierra disponible para la producción primaria de biomasa o para propósitos relacionados con la conservación. La competencia por la tierra entre los diferentes usos es cada vez más aguda y los conflictos relacionados a esta competencia son cada vez más frecuentes y complejos. Esta competencia es a menudo más aparente en las áreas urbanas, donde la continua presión de la expansión urbana compite con las explotaciones agrícolas y con las necesidades recreacionales. Tales situaciones frecuentemente llevan a un rápido incremento en el valor económico de la tierra y la tenencia de la tierra se convierte en un importante problema político. Muchos factores asociados con el cambio global, directa o indirectamente tienen influencia sobre la forma como es usada la tierra. Esto incluye las influencias biofísicas tales como los cambios en el clima o los desastres inducidos por el hombre, así como también los aspectos socioeconómicos tales como la liberalización del

comercio, la globalización de los mercados, la descentralización de la toma de decisiones, la privatización y la mayor diferencia entre los que "tienen" y los que "no tienen".

a. La tierra y sus recursos. La tierra según lo define Rodríguez, es un área definible de la superficie terrestre de la tierra, abarcando absolutamente todas las características y atributos de la biósfera, al decir atributos se refiere a lo que está por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo el clima, el suelo, la forma del terreno, hidrología tanto superficial como subterránea, poblaciones animales y vegetales, asentamientos humanos, resultados físicos de la actividad humana, caminos, edificios, *etc*.

b. Uso de la tierra. Se refiere a los arreglos, actividades e insumos cambiando el tipo de cobertura de la tierra que la población hace para producir.

c. Cobertura de la tierra. Se refiere a lo que puede observarse biofísicamente sobre la superficie terrestre.

d. El suelo. Existen muchas definiciones del suelo, según lo define Chonay, 2008 es un sistema natural desarrollado a partir de mezclas de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y los medios biológicos. El concepto de suelo puede ser definido desde diferentes puntos de vista por ejemplo: desde el punto de vista del agricultor, el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas; para un geólogo podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso; para un constructor, el suelo es el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas; para un ecólogo, es uno de los componentes del ecosistema que estudia; para un químico, es el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa; para un antropólogo, o un arqueólogo podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado. En Edafología el suelo es tomado como el soporte para las plantas al contener cantidades adecuadas de aire y agua, es decir, se estudia desde el punto de vista orientado a obtener los mejores rendimientos agropecuarios posibles. Haciendo la analogía y diferencia con el termino tierra, que se entiende por una zona de la superficie de la tierra que comprende todos los aspectos del ambiente natural incluyendo geología, fisiografía, los suelos y la vegetación; influenciada por el hombre en los cambios sobre su uso potencial.

e. Capacidad de uso de la tierra. La capacidad de uso de la tierra se define, según el INAB, como la determinación en términos físicos del soporte apropiado que tiene una unidad de tierra para determinados usos, cobertura, tratamiento etcétera, basado en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar el deterioro físico del suelo sin causar deterioro físico. Para hacer un estudio del uso de la tierra se puede hacer una descripción general en base a la cobertura vegetal, o para un nivel más específico se debe considerar aspectos técnicos en un contexto físico, económico y social.

f. Uso potencial de la tierra. Se refiere al uso virtualmente posible según la capacidad biofísica de uso tomando en cuenta las características socioeconómicas que rodea a la unidad de tierra. En otras palabras es el nivel hasta el cual se puede realizar un uso según la supuesta capacidad del suelo bajo las

circunstancias locales actuales. Es menos intensivo o de igual intensidad que el uso a capacidad pero no más extensivo.

g. Intensidad de uso de la tierra. Es necesario categorizar las unidades de tierra en términos de:

1) El uso correcto de la tierra. Se refiere a que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la tierra y el uso que actualmente se le está dando.

2) El sobre uso de la tierra. Es cuando el uso que se le está dando a la unidad de tierra es mayor a la que soporta en términos físicos.

3) El sub uso de la tierra. Es cuando el uso que se le está dando a la unidad de tierra es menor a la que es capaz de soportar bajo los mismos términos.

h. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Clasificar se refiere a la acción de organizar, situar o caracterizar algo según una determinada categoría, o agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas; generalmente se utilizan ilustraciones determinando las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo, sin que se deteriore, con una tasa más grande que su tasa de formación. Al hablar de deterioro en este contexto se refiere al arrastre y transporte de las partículas del suelo hacia abajo de la pendiente de la pendiente por acción del agua precipitada básicamente.

i. Evaluación de tierras. Es la actividad que describe e interpreta aspectos básicos como el clima, la vegetación, el suelo y aspectos socioeconómicos para identificar probables usos de la tierra y así compararlos con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible, donde la aptitud propia de la tierra es lo idóneo para un determinado tipo de aprovechamiento.

j. Análisis del paisaje. Como su nombre lo indica, el concepto básicamente es la utilización de técnicas de interpretación de imágenes de la superficie terrestre, relacionando la fisiografía-suelo asumiendo que los suelos son perfiles tanto como paisajes, con esto se hace una jerarquización de lo general a lo específico del paisaje de una zona como producto del análisis paisajístico basado en criterios fisiográficos y geomorfológicos.

k. La ley en el uso de la tierra. La ley es un componente esencial para el uso y el desarrollo de la tierra, establece el orden social y define el marco de manejo de uso los recursos naturales creando reglas y procedimientos por medio de los cuales los participantes pueden resolver los conflictos y llegar a acuerdos mientras se implementan un plan o una línea política. Comprende los acuerdos y las instituciones y es una herramienta para el manejo de los recursos de la tierra. Según el Decreto Legislativo 101-96 de fecha 2 de diciembre de 1996, Ley Forestal, determina que en Guatemala, el Instituto Nacional de Bosques, INAB, es el ente obligado a ejecutar o asesorar el proceso de certificación de tierras de vocación forestal.

l. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Existe un extenso número de metodologías para la determinación de la capacidad de uso de la tierra y/o de aptitud. Entre las más conocidas en la región centroamericana se pueden mencionar las siguientes:

- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)
- Centro Científico Tropical de Costa Rica (CCT)
- T.C. Sheng
- Michaelsen
- Cuadros Dubón
- Enfoque de evaluación de tierras de la FAO

Las que más difusión han tenido en Guatemala son las del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) el Centro Científico Tropical de Costa Rica (CCT) y la de T.C. Sheng y han sido objeto de diferentes modificaciones en su aplicación a diferentes áreas, de acuerdo con los inconvenientes que se han encontrado al pretender aplicarlas según su esquema original.

m. Metodología propuesta por INAB. Según el manual de metodología propuesta por el INAB, el punto de partida es la región fisiográfica. Amatitlán por su ubicación geográfica está en las Tierras Altas Volcánicas. Para cada región del país corresponde una matriz que cruza profundidad efectiva con pendientes y cuyo resultado es una clasificación de capacidad de uso preliminar. Con la finalidad de considerar las variaciones fisiográficas es decir variaciones geológicas, topográficas, climáticas y edáficas, así como la influencia que generan estos componentes sobre la capacidad de uso de las tierras, se hizo una división del país en lo que se le denominó regiones naturales. Se identificaron siete regiones naturales en Guatemala, son las siguientes:

- Tierras de la llanura costera del Pacífico.
- Tierras volcánicas de la bocacosta.
- Tierras altas volcánicas.
- Tierras metamórficas.
- Tierras calizas altas del norte.
- Tierras calizas bajas del norte.
- Tierras de las llanuras de inundación del norte.

De acuerdo a la identificación de las regiones naturales de Guatemala, el área de interés se encuentra situada dentro de la región de tierras altas volcánicas.

1) Tierras altas volcánicas. Siendo tierras altas volcánicas donde se sitúa el área de interés, comprende principalmente lo que se conoce como altiplano, el cual toma en cuenta tanto la porción occidental y central, así como la que se localiza al oriente guatemalteco. Estas tierras se encuentran parcialmente en los

departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Santa Rosa, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa. Desde el punto de vista geológico, comprende especialmente el terciario volcánico, en donde se incluye rocas volcánicas sin dividir y en algunos casos depósitos volcánicos del cuaternario. Se ha involucrado en esta región, algunas tierras sobre materiales intrusivos, principalmente granitos y dioritas, que se encuentran principalmente al norte de San Marcos, al norte de Totonicapán y en las proximidades del cauce del río Motagua en la parte nororiental del país. En esta región la mayor parte de las tierras están cubiertas con bosques, cultivos de subsistencia, hortalizas, frutales deciduos (INAB 2001).

2) Factores determinantes para la metodología del INAB. Se deben conocer los conceptos de la metodología que recomienda INAB para obtener estas variables, Entre los factores que se consideran como determinantes están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió al país. Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores fueron considerados dentro del esquema adoptado en virtud de que, a juicio de expertos, son los que principalmente definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación, de una unidad de tierra cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal principalmente, y cuando no cumple con ninguno por consiguiente se propone el terreno para construcción plenamente según los factores determinantes (INAB 2001).

a) Pendiente. Se refiere al grado de inclinación de los terrenos o unidades de tierra expresado en porcentaje. A nivel de gabinete se estima por medio de técnicas cartográficas utilizando mapas de curvas a nivel. Lo que va a determinar la clasificación en una unidad cartográfica, es la pendiente máxima, expresada en porcentaje (INAB 2001).

b) Profundidad efectiva. La profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se consideran parte de la profundidad efectiva horizontes "R" o capas endurecidas en forma natural o por efectos de la labranza. Se considera como limitante de la profundidad, las capas endurecidas cuya dureza no permitan ser rayadas (en estado seco), con una moneda de cobre. (INAB 2001). Con estos dos datos se obtiene una capacidad de uso preliminar, pero a esta debe agregarse los factores pedregosidad y drenaje si se identifica alguno o ambos como limitantes.

c) Pedregosidad limitante. Rocas cubriendo la superficie en un porcentaje mayor de 21%, o de forma interna desde 31% (INAB 2001).

d) Drenaje limitante. Alto porcentaje de arcilla, capas freáticas cerca de la superficie del suelo y pendientes suaves o planas que impiden el escurrimiento por varios días. Suelos con las capas freáticas a nivel del suelo, o por encima, durante períodos de varias semanas a meses (INAB 2001).

n. Las categorías de capacidad de uso. Las categorías que se emplean en la metodología, se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad física del suelo, no se incluyen criterios de fertilidad de suelos, ni aspectos ligados a la producción acceso, mercados y costos, son categorías indicativas de usos mayores en términos de la protección que ofrecen a las capas superiores del suelo, por lo que las categorías son las siguientes: (INAB 2001)

1) Agricultura sin limitaciones (A). Áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización (INAB 2001).

2) Agricultura con mejoras (Am). Áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Para su cultivo se requieren prácticas de manejo y conservación de suelos así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido (INAB 2001).

3) Agroforestería con cultivos anuales (Aa). Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo (INAB 2001).

4) Sistemas silvopastoriles (Ss). Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas (INAB 2001).

5) Agroforestería con cultivos permanentes (Ap). Áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales y otras con fines de producción de madera y otros productos forestales) (INAB 2001).

6) Tierras forestales para producción (F). Áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento, sin que esto signifique el deterioro de otros recursos naturales. La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos (INAB 2001).

Cuadro 10: Clasificación de uso según el INAB para las tierras altas volcánicas.

Pendientes (%)					
Profundidad del suelo (cm)	<12	12-26	26-36	36-55	>55
>90	A	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
50-90	A/Am	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
20-50	Am/Aa	Ss/Ap	Ss/Ap	Ap/F	Fp
<20	Aa	Ss/F	Ss/Fp	Fp	Fp

Fuente: INAB 2001

Para complementar la información sobre esta metodología se agregan las diferentes escalas de trabajo.

Cuadro 11: Escalas de trabajo para la metodología del INAB

Nivel de levantamiento	Escala de publicación de mapas	Escala de fotografía a utilizar	Clasificación del paisaje
Detallado	1:10,000 – 1:50,000	1:20,000 o ampliaciones	Elementos del paisaje
Semidetallado	1:25,000 – 1:50,000	1:20,000 – 1:40,000	Subpaisaje
General	1:50,000 – 1:100,000	1:40,000 – 1:70,000	Paisaje

Fuente: INAB 2001

Para entender las escalas e ilustraciones es necesario aclarar los conceptos de cartografía, fotogrametría, sistemas de información geográfica y geo posicionamiento.

5. Cartografía. Como lo cita Rodríguez, es el arte y la ciencia de expresar gráficamente por medio de cartas geográficas y mapas, la superficie terrestre y sus características físicas, a una escala determinada con un mapa se hace la representación convencional de la superficie terrestre (Rodríguez, 2008).

Una proyección cartográfica es la representación de toda o parte de la superficie del globo terrestre, trasladando sus medidas esféricas (coordenadas UTM) a una superficie plana, sobre la que se representará como un mapa, se divide en 60 zonas, numeradas de izquierda a derecha del 1 al 60. En este proyecto se trabaja con la hoja cartográfica de la zona 15 en coordenadas UTM, como punto de inicio de ubicación y localización especifica Amatitlán del área de interés.

Ilustración 34: Sección de hoja cartográfica para el área de estudio.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

a. Fotogrametría y fotointerpretación. La fotografía aérea es un registro fiel de las características topográficas y de los elementos artificiales del terreno en el momento de la toma constituyendo. Sin embargo, la fotografía no está exactamente vertical a la superficie terrestre, además de las diferencias de nivel del terreno, a la refracción atmosférica y a la curvatura de la tierra, sufre distorsiones que imposibilitan su uso directo como base cartográfica, es decir, la forma y dimensiones obtenidas al medir directamente sobre la fotografía aérea no son exactas. Regularmente se usan en estudios a nivel de: Semidetalle a escala 1:50,000; detalle a escalas entre 1:30,000 y 1:20,000; y muy detallados a escalas más grandes o menores de 1:15,000, 1:10,000, 1:5,000, 1:2,000 (INAB, 2001).

b. Sistemas de información geográfica. Se le llama a la tecnología que nos es útil para la toma de decisiones, pues con ella podemos almacenar, analizar y desplegar datos, ya sean estos espaciales o no espaciales.

Los SIG son herramientas para hacer mapas y llevar a cabo análisis espaciales. Un mapa consta de cinco elementos: título, fecha, leyenda, datum y escala. El mapa digital es el conjunto de archivos digitales, es decir el registro de coordenadas de puntos aislados y series de puntos que junto al código respectivo representan las características topográficas y culturales del terreno y cuyo producto final pueden ser ficheros digitales, mapa impreso u orto foto digital.

En el área de los recursos naturales renovables, pueden ser aplicados en varias áreas como la de ubicar sitios con potencial para ser explotados de forma agrícola, forestal, energética; lugares óptimos para el trazado de líneas así como áreas estratégicas para el desarrollo de industria de un tipo determinado.

1) Sistemas de geo posicionamiento. Son una tecnología para la ubicación de puntos sobre la superficie terrestre en diversas actividades como el registro con precisión milimétrica de puntos específicos para diferentes finalidades como: supervisión de frentes de trabajo, registro de señalizaciones de caminos, postes de energía eléctrica o teléfonos, medición de poligonales, áreas de reserva, inventarios forestales, mapeo de caminos, ubicación y dimensionamiento de nuevos asentamientos humanos, registro de

puntos especiales de muestreo, navegación hacia o desde puntos desconocidos físicamente, catastros regionales o nacionales, *etc*.

6. Geografía del turismo. La geografía del turismo es una disciplina de la actualidad, que se basa en analizar de forma tanto empírica como descriptiva, lo que es la relación dentro del territorio, entre turismo así como del espacio físico. La relación busca analizar como los procesos sociales han ido modificando los espacios y entornos de los territorios de estudio (Almirón, 2004). Según Nanne, deben ser relacionados los conceptos de turismo y territorio, debido a que con ello se explica el fenómeno territorial existente dentro de la actividad turística.

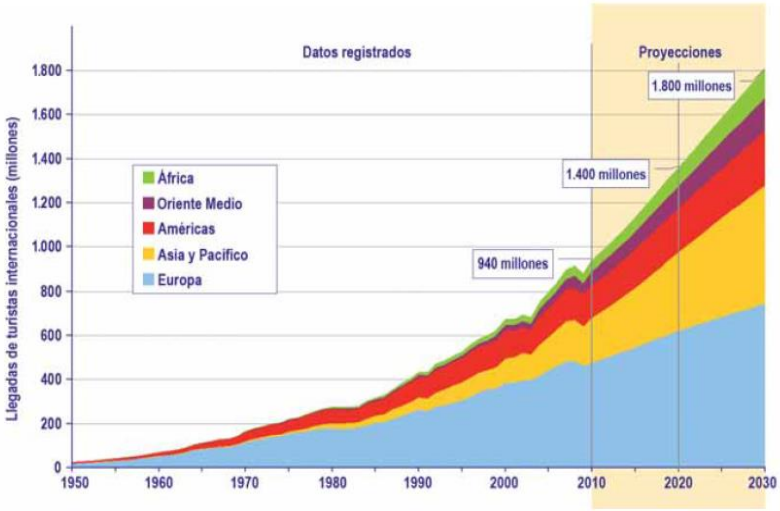
a. Turismo. El turismo es la práctica social en la cual se engloba el tema de transportes, hospedaje, alimentación, diversión y enseñanzas derivadas de los desplazamientos humanos. Al analizar el turismo es importante tomar en cuenta demanda, oferta y los turistas, así como el estudio del espacio y los procesos sociales. Durante los cambios que ha tenido el turismo se han ido creando tanto impactos positivos como negativos en los entornos ambientales, socioculturales y económicos dentro diferentes áreas (Cervantes y Gómez, 2007).

b. Antecedentes del turismo a nivel mundial. Lo interesante de este sector económico es que a pesar de ser una actividad económica rentable relativamente nueva en la humanidad, durante las últimas décadas ha experimentado un crecimiento continuo y una importante diversificación según los tipos de mercado. La OMT afirma que es de los sectores económicos con mayor tasa de crecimiento (OMT, 2013). El turismo ha ido transformándose a través del tiempo. La actividad turística a nivel mundial se originó poco después de la revolución industrial, y se intensificó en la época de Segunda Guerra Mundial, gracias al incremento de los viajes aéreos y a la relativa disminución de los costos, así como de distancias entre los lugares de origen y el destino de turistas (Cervantes y Gómez, 2007).

A finales del siglo XX, el turismo fue reconocido como una de las más importantes ramas del sector de servicios a nivel mundial. Se puede resumir el crecimiento de la siguiente manera: en el año 1950 se registraron 35 millones de turistas internacionales y para el año 2012, aumentaron a más de 1 millardo (1035 millones). Se proyecta que para el año 2030 más de 1,8 mil millones de personas viajarán a nivel internacional en el mundo (UNWTO, 2013).

c. El turismo y sus tendencias (de 1950 a 2030). En el año 2013, la llegada de turistas internacionales creció en un 5%. Sin importar las crisis económicas mundiales actualmente existentes, los resultados de turismo internacional superaron las cifras que se esperaban. Ahora, para el año presente 2014, la OMT, prevé un crecimiento entre el 4 al 4.5%, superando las proyecciones a largo plazo. Desde el punto de vista económico, esta industria es un interesante sector para invertir, debido a que representa el 9% del PIB, uno de cada nueve empleos, 1,3 billones en exportación, 6% de las exportaciones mundiales, y 1,8 millones de turistas internacionales previstos para el año 2030 (UNWTO, 2013).

Ilustración 35: Proyecciones de turismo.



Fuente: Organización Mundial del Turismo, 2014.

d. Turismo de masas o turismo tradicional. Existen diferentes tipos de turismo. El primer tipo de turismo que existió fue el que se conoce como turismo tradicional o turismo de masas. Según algunos autores, el turismo tradicional se define como el desarrollo de turismo masivo por medio de grandes instalaciones de alojamiento y espaciamiento (Ibáñez y Rodríguez, 2012). ¿De dónde viene esta corriente de turismo? Dentro del mundo occidental, el turismo ha estado estrechamente relacionado con el desarrollo económico y tecnológico de las sociedades (Bringas y Ojeda, 2000.)

Los siguientes períodos que se ven involucrados en el desarrollo del turismo, Fernández (1991):

- El turismo de despegue o Belle Époque (1900 a 1914): El autor describe que este tiempo fue marcado por la aparición del ferrocarril que transportaba a grandes masas a grandes distancias. También describe que el tipo de personas que viajaban en el ferrocarril pertenecían a la élite económica.
- Primera guerra mundial (1914 a 1918): En este tiempo existió represión del turismo durante la Primera Guerra Mundial. Las personas que viajaban seguían siendo las de mayor nivel socioeconómico.
- Período entre guerras (1919 a 1939): En este tiempo las clases medias son incorporadas en el estilo de vida de la humanidad actual. El ocio es incluido entre las necesidades básicas de la población (Fernández, 1991).

Anteriormente el turista que viajaba por motivos de ocio, presentaba un perfil que según algunos autores puede describirse comúnmente como hábitos consumistas y una demanda de servicios sofisticados. Las actividades que mayormente realizan son la visitación de playas y grandes destinos turísticos (Ibáñez y

Villalobos, 2012). Los estímulos en el sistema de vida social, estilos de vida, moda, estatus, propensión al consumo, representan elementos estructurales del turismo masivo. Se afirma que los desplazamientos turísticos se han convertido en el signo indicativo de las sociedades de consumo (Osorio, 2010).

Los principales países que promovieron el turismo masivo fueron en el caribe, mediterráneo en Florida, México, sureste de Asia, Estados Unidos, Canadá, Europa desde los años cincuenta y sesenta para sus vacaciones de verano. Fue entonces, cuando los tour operadores, los hoteles de cadena, así como las aerolíneas integraron sus servicios para ser óptima una oferta similar en diferentes destinos, y esto simplificó los viajes en una selección ya armada (Osorio, 2010).

Se puede cerrar la explicación del turismo de masas, definiéndolo como un fenómeno que prevalece desde la Segunda Guerra Mundial, y se descrito como fordista o industrial, por su característica de producción en cadena, que produce productos estandarizados para su consumo masificado impersonal, en un mercado manejado por grandes empresas oligopolios, que impactó negativamente el medio ambiente, y en los espacios subdesarrollados, hizo propicio cierto deterioro social (Osorio, 2010).

Como afirma Osorio el modelo de turismo de masas ofrecía una escaza diferenciación de productos turísticos y una insuficiencia de variación de actividades para los consumidores, lo cual solamente incluía una motivación de vacación, ocio u observación (Osorio, 2010). Este turismo funcionó durante varios años pero con el transcurso del tiempo fue causando más impactos negativos dentro de un contexto económico, ambiental y social.

e. Turismo alternativo. Desde 1990, se observó en el mercado un cambio en el comportamiento del turista y en el patrón de viaje (OMT, 1999 y 2002):

- Los turistas provenientes de los tradicionales países emisores incrementaron el número de sus viajes a destinos de larga distancia, pero, a la vez, empezaron a realizar viajes cortos de manera más frecuente, en ambos casos en busca de nuevos destinos y productos.
- Se incrementaron los viajes de interés especial basados en pasatiempos personales o actividades específicas como lo son los deportes, aficiones, educación o la cultura.
- Cada vez se registra un mayor número de viajeros independientes, excluyendo a los paquetes "todo incluido" que prefieren destinos ambientalmente planificados y socialmente responsables. Esto aumenta el turismo religioso, el de salud, el de "raíces étnicas" y el de negocios, siendo este último uno de los mayores generadores de divisas.
- Los segmentos de la tercera edad y con capacidades diferentes surgen como una alternativa rentable para la organización de viajes específicos, entre otros.

Los sucesos anteriormente citados, dieron origen a la que sería la nueva tendencia denominada turismo alternativo, categorizado, según Osorio, como posfordista o posindustrial. Este tipo de turismo posee la característica de promover estructuras de viaje más flexible y heterogéneas en distintos espacios naturales

y artificiales que diversifican la organización de las empresas turísticas. Por otro lado tiene la característica de reconocer e incorporar a la población local en los países subdesarrollados como actores sociales necesarios dentro de la organización. Este tipo de turismo se reconoce por un mayor control sobre los impactos ambientales, económicos y sociales que genera dicha industria (Osorio, 2010).

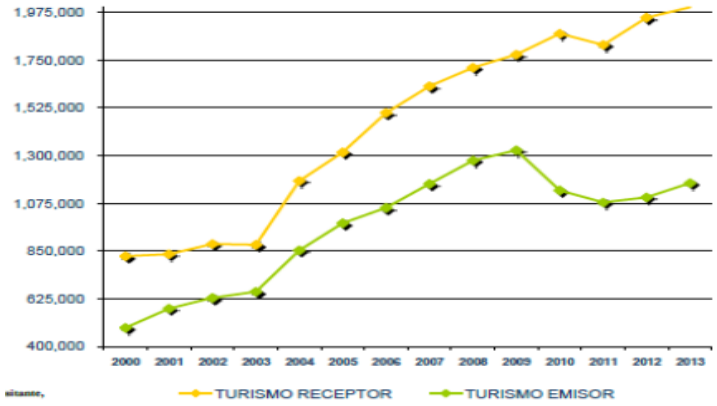
Se puede concluir este tema reforzando el concepto de turismo alternativo con la definición de la Secretaría de Turismo, que lo define como:

<<viajes que poseen como fin realizar actividades recreativas con contacto directo con la naturaleza y la expresiones culturales que le envuelven con una actitud de compromiso de conocer, respetar, disfrutar, y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales>> (Secretaría de Turismo de México, 2004).

f. Turismo en Guatemala. En Guatemala el panorama actual de turismo, es positivo ya que ha ido incrementando regularmente. Principalmente, como se puede observar en la Ilustración 36, dentro de la última década 2003-2013 ha prácticamente duplicado en número de turistas que ingresan al país, lo que se denomina, turismo receptor, así como el número de residentes guatemaltecos que salen del país por turismo, o conocido también como turismo emisor así, también se observa una disminución en ambos tipos de turismo debido a las crisis económicas mundiales que ocurrieron durante los años 2008 y 2010.

g. Comparación del turismo emisor y receptor guatemalteco 2000-2013. Lo interesante de este sector económico es que a pesar de ser una actividad económica rentable relativamente nueva en la humanidad, durante las últimas décadas ha experimentado un crecimiento continuo y una importante diversificación según los tipos de mercado. La OMT afirma que es de los sectores económicos con mayor tasa de crecimiento (OMT, 2013). El turismo ha ido transformándose a través del tiempo. La actividad turística a nivel mundial se originó poco después de la revolución industrial, y se intensifico en la época de Segunda Guerra Mundial, gracias al incremento de los viajes aéreos y a la relativa disminución de los costos, así como de distancias entre los lugares de origen y el destino de turistas (Cervantes y Gómez, 2007).

Ilustración 36: Comparación de turismo emisor y receptor.



Fuente: INGUAT, 2014

Debido a que el turismo es la actividad económica que genera más ingresos para el país (INGUAT 2004), este sector de la economía presenta un potencial alto para desarrollarse, generando un mayor ingreso al ofertar más productos y servicios de calidad para el mercado mundial. Conforme la economía del país mejore, las posibilidades de viajar también incrementan para los residentes que pueden salir fuera del país. Estos residentes que componen el turismo emisor del país representan una parte importante de los turistas nacionales que viajan dentro del país (turismo interno) y que pueden también generar ingreso económico local. Debido a que hay una ausencia de datos estadísticos sobre el turismo interno en Guatemala, se tomó de referencia como número mínimo de residentes viajeros, el número de personas que viajan fuera del país. Según la figura se contabiliza más de 1 millón de residentes que viajan, y es posible que es número pueda ascender a 1.5 o hasta dos millones.

En 2011 se recibieron más de 1,8 millones de visitas en Guatemala, cifra que se superó en el 2013 por 200,000 aproximadamente. En el año actual, 2014, se incrementó el número de turistas que ingresaron al país en el mes de febrero en comparación con el mismo período del año 2013 dentro de todas las vías de ingreso. Se registró un total de 163, 897 turistas que ingresaron al país, lo que representa 12.3 más que el año anterior. Por vía aérea se registra según la OMT que llegaron 48, 897 visitantes. El turismo representó durante el mes de febrero 123 millones de dólares en divisas. Según la Agencia Guatemalteca de Noticias (AGN), en promedio los turistas se quedan en Guatemala siete noches y gastan US $1,000. En un informe del VIII Congreso Nacional de Turismo, realizado por la Cámara de Turismo de Guatemala, se determinó que el turismo es el tercer servicio con mayor potencial de exportación en Guatemala. También se indica en este informe que la industria hotelera en el país se compone principalmente de microempresas que cobran tarifas bajas. Es importante tomar en cuenta, que el turismo interno es el más importante en el país. Para promover el turismo interno del país, se puso en marcha la Ley que promueve dicho turismo, en el 2010 en Congreso de la República:

<<Con el objeto de promover el turismo nacional, cuando el día de asueto recaiga día martes se gozará del día lunes anterior: si recae el día miércoles o jueves, se gozará el día viernes inmediato; si el mismo recayese en el día sábado o domingo, no se modificará>> (Darío, 2010).

h. Segmentos de turismo en Guatemala. Según Soriano (1990), la segmentación de un mercado turístico surge cuando todos los turistas tienen un "deseo" en común. A este deseo también se le llama motivación, es la razón por las personas toman la decisión de viajar. Cada uno de estos deseos de las personas, es lo que hace que se formen los segmentos dentro del mercado turístico. Dependiendo a lo que las personas estén buscando encontrar dentro de su viaje, se van a dividir los distintos segmentos turísticos.

Al enfocarse la investigación en el turismo de una parte de Guatemala, se debe entender lo que el país está realizando en cuánto a segmentos turísticos. La Política Nacional para el Desarrollo Turístico Sostenible de Guatemala 2012-2022 tiene como propósito identificar los mercados, segmento y nichos, con los destinos y productos ubicados en los distintos espacios geográficos del país, aquellos que tiene la capacidad de

satisfacer a los turistas, y desarrollar asimismo planes de acción específicos que permitan potenciar dichos segmentos.

Dentro de esta política se explica que se mantendrá una estricta congruencia con la oferta turística real del país, con el propósito de no crear falsas expectativas en los visitantes. SEGEPLAN tiene una estrategia de posicionamiento dentro del mercado, a través de una marca país: "Guatemala, corazón del mundo maya". Dentro de dicha estrategia se impulsarán los siguientes segmentos de mercado:

- Turismo rural sostenible.
- Turismo cultural.
- Turismo de naturaleza.
- Deportes y aventura.
- Voluntariado y escuelas de español.

1) Turismo deportivo. Según el Instituto Nacional Guatemalteco de Turismo (INGUAT, 2012), el turismo deportivo se define como las personas o grupo de personas que participan activa o pasivamente en un deporte competitivo o recreativo, viajando y residiendo temporalmente en lugares distintos de su entorno habitual. La motivación principal de este tipo de turista es el deporte, y la experiencia turística actúa para reforzar la experiencia general. Entre los tipos de turismo deportivo más comunes se encuentran los deportes de invierno como el esquí, el submarinismo, el golf, el senderismo, el montañismo, el tenis entre otros juegos de pelota. Generalmente el perfil demográfico de este tipo de turista, se encuentran jóvenes, parejas sin niños, y también familias.

Turismo cultural: este tipo se segmento abarca, tanto las actividades como las experiencias culturales que atraen y fomentan el turismo. Este se enfoca en la experiencia de disfrutar el estilo de vida de los habitantes del lugar. También se interesa por conocer las culturas y tradiciones. Este segmento está estrechamente relacionado con el patrimonio tanto tangible como intangible cultural por medio de su valoración y conservación. Los atractivos culturales forman el eje principal de este segmento (INGUAT, 2012).

2) Turismo urbano. Hace referencia a los viajes realizados a las ciudades o a los lugares de gran densidad de población. Estos suelen ser de corta duración de uno a tres días aproximadamente. Entre los beneficios de este tipo de turismo se incluyen la revitalización de los centros de las ciudades. Dentro de este segmento se encuentran parejas sin hijos, familias y personas de la tercera edad. Atrae a un sector más amplio del mercado a diferencia de otros segmentos. Normalmente entre las actividades de este tipo de turismo, se encuentra la vida nocturna, los parques temáticos, los museos, entre otros (INGUAT, 2012).

3) Turismo de naturaleza. También conocido como, ecoturismo, es un turismo responsable que vela por conservar los entornos naturales, velando también por el bienestar de la comunidad local. El perfil de este turista son generalmente parejas sin hijos y personas de la tercera edad. Este tipo de turista

generalmente toma en cuenta las áreas protegidas como factor principal de la elección de su destino. Según el documento de INGUAT, el segmento del ecoturismo adquirirá mayor popularidad en el presente decenio, ya que se calcula que la demanda de ecoturismo incrementa aproximadamente un 20% anual en el mercado internacional.

a) Reserva Natural Privada RNP´S. Son áreas que pertenecen a personas individuales o jurídicas, que los dueños destinan voluntariamente y durante el tiempo que estimen conveniente, a la conservación y protección del hábitat de flora y fauna, así como comunidades bióticas o rasgos del ambiente (Reglamentos: 2007). En ellas se garantiza la conservación, estabilidad o supervivencia de ciertas especies de plantas y animales, a través de la protección de hábitat críticos, poblaciones reproductoras y áreas de alimentación o reproducción (Reglamentos: 2007). Estas reservas cuentan con el respaldo y el reconocimiento pleno del Estado para la protección de la integridad del terreno y sus recursos (Reglamentos: 2007)

Las reservas naturales privadas son una alternativa para enriquecer el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), ya que muchas de ellas se encuentran en terrenos que no están debidamente representados en el SIGAP, agregando de esa forma más áreas de protección en las zonas de vida del país. De esta forma se convierten en parte importante del Corredor Biológico Mesoamericano.

Su administración está avalada por un plan de desarrollo aprobado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Con esto no sólo se garantiza el adecuado manejo del recurso suelo, sino también se pone especial atención a los recursos hídricos y a la biodiversidad existente en esos bosques. Además de contribuir con la representatividad ecológica, se convierte en un ente social capaz de sugerir y de influenciar en la toma de decisiones de los diferentes sectores del país. Las reservas naturales privadas son otra contribución más de la iniciativa privada para colaborar a mejorar la calidad de vida de la sociedad guatemalteca y de la región centroamericana. Según la guía de inscripción de RNP´s algunos beneficios al establecer una reserva natural privada son:

- El bosque se reconoce como productivo y no como tierra ociosa.
- Seguridad sobre la tenencia de la tierra.
- Asistencia técnica y capacitación para la administración del área.
- Apoyo para la obtención de asistencia financiera.
- Apoyo técnico en la elaboración de planes de prevención y mitigación para evitar riesgos y amenazas.
- Opción de incentivos forestales (reforestación o protección) por el Instituto Nacional de Bosques INAB.
- Suministro de materia prima para el uso propio o para la venta (leña, agua, plantas medicinales y alimenticias, *etc*.).
- Se mejora la imagen de la empresa o institución.

b) Importancia de la reserva natural privada. Por su importante aporte al país, se considera legalmente como una de las categorías de manejo dentro del (SIGAP), pues fortalece en forma efectiva la biodiversidad en las diferentes regiones, es decir cuentan con el respaldo y el reconocimiento pleno del estado para la protección de la integridad del terreno y sus recursos, se garantiza la conservación, estabilidad o supervivencia de ciertas especies de plantas y animales, a través de la protección de hábitat críticos, con esto no sólo se garantiza el adecuado manejo del recurso suelo, sino también se pone especial atención a los recursos hídricos y a la biodiversidad existente en esos bosques. Además de contribuir con la representatividad ecológica, se convierte en un ente social capaz de sugerir y de influenciar en la toma de decisiones de los diferentes sectores del país.

c) Pasos para inscribir un terreno como reserva natural privada.

- Recopilar la información que menciona el formulario *Información necesaria para la elaboración de la solicitud de declaratoria de reservas naturales privadas*. Al presentar la solicitud de declaratoria debe incluir todos los datos. El formulario debe ir acompañado por una carta de solicitud, así como de los anexos necesarios y debidamente señalados (Reglamentos: 2007).
- Entregue el expediente con la información completa en la ventanilla única de CONAP. Se debe presentar toda la información completa con una original, dos copias y un respaldo electrónico en diskette, en formato Word (*ibid*, 2007).
- Los técnicos del departamento de unidades de conservación del CONAP, conjuntamente con la persona o entidad interesada en crear la reserva natural privada, realizarán una inspección de campo para evaluar la propiedad o porción que se tiene interés en proteger para verificar la información presentada. La inspección debe realizarse en coordinación con el propietario o su representante, quien será notificado de la visita con anticipación (*ibid*, 2007).
- Dictamen legal: el departamento legal de CONAP, realiza un estudio y emite el dictamen legal correspondiente (*ibid*, 2007).
- Aprobación por Secretaria Ejecutiva del Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Una vez emitido el dictamen técnico y legal, el Secretario Ejecutivo de CONAP, emite la resolución correspondiente, aprobando la solicitud de establecimiento como Reserva Natural Privada (*ibid*, 2007).

4) Aviturismo. También conocido como turismo de observación de aves, es una actividad que se realiza dentro del entorno natural, esta tiene como fin observar y gozar de la presencia y los componentes de diversas especies de aves.

5) Turismo de aventura. Este tipo de turismo es el que se enfoca en los viajes realizados por los turistas en busca de actividades generalmente al ejercicio físico. Se incluye el turismo de gran aventura que se realiza al aire libre. Pueden caracterizarse actividades de cierto nivel de riesgo y exigir ciertas capacidades de los participantes. El documento de INGUAT (2012), indica que los medio de transporte para

este segmento son de tracción humana y los turistas suelen hacer camping o vivir en cabañas alejadas con pocas comunidades cerca. Se incluyen actividades como escalada de roca, montañismo, parapente, rafting entre otras actividades.

6) Turismo rural. La cultura rural es componente clave de atractivo de este tipo de turismo. La intención este segmento es ofrecer a los turistas un contacto personalizado, así como el gusto por la dimensión física y humana del entorno rural, así como también incluye la participación de los turistas en las actividades, tradiciones y estilos de vida de los habitantes dentro de la zona. Según el INGUAT, dentro del turismo rural, se dividió otro subsegmento llamado agroturismo, el cual hace referencia al turismo basado en recursos agrícolas y forestales. Este tipo de turismo permite a los agricultores diversificar las actividades y aumentando simultáneamente el valor de sus productos (INGUAT, 2012).

a) Situación forestal en Guatemala. En Guatemala existen dos instituciones del Estado que tienen bajo su administración, el manejo del recurso forestal del país. Por un lado está el Instituto Nacional de Bosques (INAB) que fue creado mediante el decreto legislativo 101-96 de la Ley Forestal vigente, en esta institución se delega la administración de los recursos forestales que se encuentra fuera de las áreas protegidas, y por otro lado existe el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) que fue creado mediante el decreto legislativo 4-89 y al cual le fue delegado la administración de las áreas protegidas del país.

b) Constitución Política de la República. El Artículo 64, declara el interés de la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación, en el que el estado fomenta la creación de parques y reservas naturales.

Como parte fundamental para el sector forestal el artículo 126, declara de urgencia nacional la reforestación del país y la conservación de los bosques naturales. Además en el artículo 128 delimita el aprovechamiento de aguas, lagos y ríos, que son de importancia fundamental para las actividades ambientales y forestales dentro del contexto nacional.

c) Política forestal de Guatemala. Establece las orientaciones de comportamiento y actuación, con el propósito de alcanzar los objetivos deseados se deben seguir las líneas políticas descritas a continuación:

- El fortalecimiento al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) y protección y conservación de ecosistemas forestales estratégicos.
- Fomento al manejo productivo de bosques naturales.
- Promoción de la silvicultura de plantaciones.
- Fomento de sistemas agroforestales y silvopastoriles en tierras de vocación forestal.
- Fomento a la ampliación y modernización del parque industrial de transformación primaria y secundaria.
- Contribuir a la búsqueda y aprovechamiento de mercados y diseños de productos forestales.

d) Ley Forestal, Decreto 101-96 del Congreso de la República. Según lo establecido en Ley Forestal decreto legislativo 101-96, se crea el Instituto Nacional de Bosques, entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personería jurídica, con patrimonio propio e independencia administrativa. Además, por primera vez en el país, una legislación forestal que toma en cuenta la participación de las municipalidades al servicio forestal nacional, a continuación se citan diversos artículos y se realiza una breve descripción de sus alcances. Dentro de áreas no protegidas le incumbe al INAB fomentar el aprovechamiento sostenible que estipula el artículo 3, "Aprovechamiento sostenible".

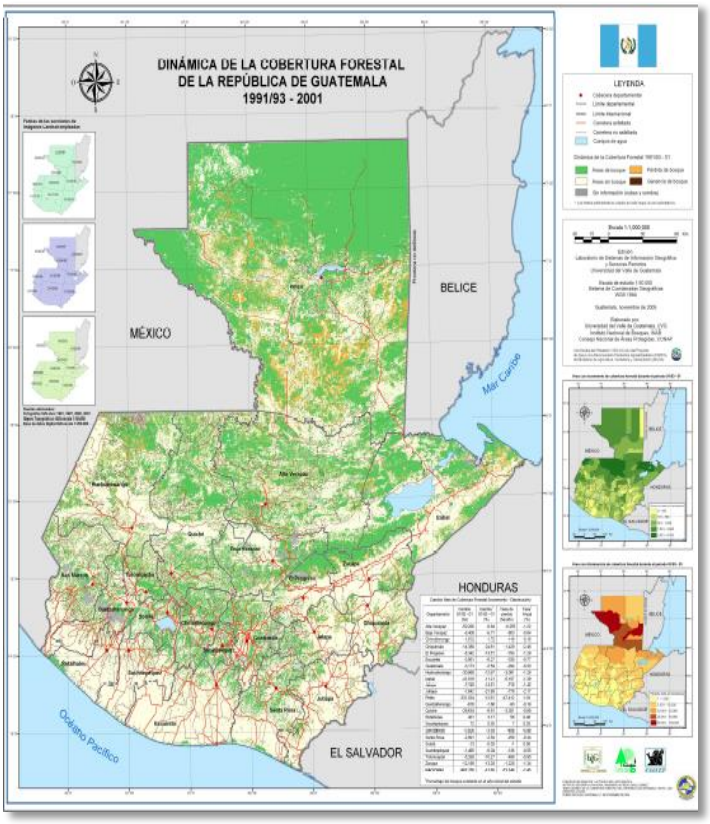
En este artículo se hace distinción de la intervención silvícola de los bosques fuera de áreas Protegidas y los bosques en áreas Protegidas, los primeros bajo responsabilidad del INAB y los segundos bajo la responsabilidad del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, -CONAP-. Asimismo, en cuanto a los bosques municipales y comunales, es importante considerar que el mecanismo establecido para su aprovechamiento será por la vía de la concesión forestal, el artículo 10 del reglamento de la Ley Forestal establece el procedimiento a seguir. Además, a través del artículo 8, "Apoyo de las municipalidades", establece que las comisiones de medio ambiente de las municipalidades con delegación especifica del alcalde, serán las encargadas de apoyar al INAB en la aplicación de la Ley Forestal y su reglamento. Para el efecto las municipalidades deberán:

- Apoyar al INAB en el cumplimiento de sus funciones.
- Coadyuvar en la formulación y realización de programas educativos forestales en su municipio.
- Ser portavoces en sus comunidades de las políticas, estrategias y programas que el INAB diseñe para su municipio.

El artículo 71, "Incentivos", se indica que el estado otorgara incentivos por medio del INAB en coordinación con el Ministerio de Finanzas Publicas conforme esta ley, a los propietarios de tierras incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como el manejo de bosques naturales; y a las agrupaciones sociales con personería jurídica, que en virtud a arreglo legal, ocupan terreno de propiedad de los municipios. Las plantaciones derivadas de incentivos forestales se concretizan como bosques plantados voluntarios.

El Instituto Nacional de Bosques –INAB- ha generado diversos instrumentos técnicos forestales, que brindan una visión general de la situación actual de los recursos forestales en Guatemala, uno de ellos es el estudio de cobertura y dinámica forestal 1,991/93 – 2,001 el cual indica que los bosques en Guatemala abarcan 42%del territorio nacional, el mismo estudio reporta una pérdida anual de 73,148 hectáreas, siendo Petén el departamento que perdió mayor cobertura dada su extensión, representando el 64.8% del total perdido anualmente a nivel nacional, contrario a lo anterior, Retalhuleu fue el departamento que gana mayor cobertura forestal con un 0.46% respecto del bosque existente en el año inicial de estudio tal como lo muestra el mapa generado.

Ilustración 37: Situación forestal legal de Guatemala.



Fuente: AMSA, INAB, UVG-CONAP.

e) Incentivos forestales. Los programas de incentivos forestales son una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el INAB, con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo a la inversión en las 135 actividades de reforestación y manejo de bosques naturales. Los incentivos forestales son un pago en efectivo que el estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal por ejecutar proyectos de reforestación y/o manejo de bosques naturales. Estos incentivos se pagan cada año, después de evaluar la ejecución de las actividades planificadas y aprobadas por el INAB.

Es necesario recalcar en el hecho de que el incentivo se paga siempre y cuando los resultados de la ejecución de las actividades anuales sean satisfactorios y suficientes para el INAB. El área mínima con que un propietario puede ingresar al PINFOR, tanto para reforestación como para manejo de bosques naturales, es dos hectáreas (una hectárea equivale a 1.4 manzanas). Si un propietario no cuenta con las dos hectáreas de tierra, puede asociarse a otros productores que se encuentren en iguales condiciones, hasta completar entre todos las dos hectáreas requeridas y así pueden ingresar al PINFOR. Los terrenos de todos pueden ser aprovechados para este proyecto.

En el reglamento de PINFOR se establece como objetivos principales el aumentar la actividad económica forestal, la reforestación, la industria forestal y los servicios ambientales, más en ningún momento se deberá dejar de lado la conservación como una de las guías para los proyectos y procurar que tanto conservación como producción puedan alcanzar un equilibrio. Aquí tiene un importante papel el PINFOR ya que tiene como misión la incorporación de la población guatemalteca a la actividad forestal formal incentivando la inversión para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales. El manejo sostenido de bosques naturales y la selvicultura con fines ambientales. Los montos de los incentivos han sido determinados por el INAB, de acuerdo con los costos de reforestación o de manejo de bosques naturales vigentes. Estos montos son fijos y en el caso de reforestación se otorgan durante seis años, el año de establecimiento y cinco años de mantenimiento, conforme los costos de producción para cada año, como se muestra en el Cuadro 12. En el caso de bosques naturales ya sea para producción o protección, los montos a incentivar se otorgan durante cinco años consecutivos.

Cuadro 12: Monto de incentivos forestales para reforestación.

Año	Monto Q/ha
0 Establecimiento	5,000
1 Mantenimiento	2,100
2 Mantenimiento	1,800
3 Mantenimiento	1,400
4 Mantenimiento	1,300
5 Mantenimiento	800
Total	12,400

Fuente: INAB.

Cuadro 13: Monto de incentivos forestales para bosques naturales.

Área	Monto propuesto (Q)
2 a 15	Q. 134/ha
15 a 45	Q. 2,010 por las primeras 15 ha. + q. 81/ha adicional hasta 45
45 a 90	Q. 4,440 por las primeras 45 ha. + q. 66/ha adicional hasta 90
90 a 450	Q. 7,410 por las primeras 90 ha. + q. 55/ha adicional hasta 450
> 450	Q. 27,210 por las primeras 450 ha. + q. 55/ha adicional

* 1 US$ = Q 7.65

Fuente: INAB.

7) Turismo de salud. Según la MTA (Asociación de Turismo Médico, siglas en inglés), este tipo de segmento ocurre cuando personas que viven en un país viajan a otro país para recibir atención médica, ya sea dental o quirúrgica, buscando una mejor calidad, mejor disponibilidad o acceso y mejores precios que los que encuentran en su propio país. Dentro de este segmento se desglosa el subsegmento Turismo de Bienestar, en donde los turistas buscan la medicina alternativa, natural, spas, y diversos métodos para tratar el estrés.

i. Potencial turístico. El mercado turístico se compone de la oferta/demanda de productos y servicios turístico. Es de donde se desprenden la oferta turística, la demanda y los operados turísticos. La oferta es el conjunto de elementos que conforman el producto turístico. Este es generalmente desarrollado adecuado a los posibles consumidores y se le establece un precio adecuado a las características del mercado (Minicertur, 1998).

j. Recursos turísticos. Estos conforman la oferta turística. Representan elementos primordiales de la oferta turística. Se constituye por elementos culturales, naturales y humanos que pueden llegar motivar el desplazamiento de turistas y por lo tanto generar más demanda (Minicertur, 1998). Dentro de los recursos turísticos existen ciertas categorizaciones, entre ellas:

- Atractivos naturales: Dicha categoría agrupa lugares geográficos, que por sus diversos atributos tienen gran importancia y forman parte del atractivo turístico (Minicertur, 1998).
- Atractivos culturales: Dentro de esta categoría se engloban tanto sitios, como expresiones culturales del país, región o localidad. Deben de contar con la particularidad de tener datos de épocas antiguas. Pueden pertenecer a épocas ancestrales, de culturas prehispánicas, o colonial, *etc*. Se incluyen lugares arqueológicos, lugares donde hayan restos o piezas que como tales causan interés en el turista y una motivación de viaje (Minicertur, 1998).

1) Evaluación del potencial turístico. No todas las zonas rurales poseen potencialidades reales para llevar a cabo turismo. Algunos pueden contar con algún o una serie atractivos pero también requieren elementos del entorno que lo favorezcan entre los cuales se engloba: la accesibilidad, la salubridad o la seguridad. El turismo es una de las alternativas para el desarrollo local de un área predeterminada. Se debe de realizar una evaluación previa, para ver si el área de estudio contiene potencial o no. Para realizar cualquier tipo de proyecto turístico, y que resulte óptimo invertir en el mismo, se debe de realizar una evaluación riesgosa que determine los atractivos del territorio, así como la oferta, demanda, la competencia y las tendencias del mercado.

2) Fases de evaluación de potencial turístico. Evaluar el potencial turístico de un territorio conlleva tres fases fundamentales (Blanco, 2008). El análisis de la situación turística existente, fase en la que se examinan los recursos, la oferta, la demanda, la competencia y las tendencias del mercado. El diagnóstico, que, comparando los resultados del análisis de la situación, permitirá identificar los puntos fuertes y débiles del territorio, las oportunidades y los riesgos. Si existe el potencial, definir la estrategia a seguir para el desarrollo turístico en el territorio.

Dentro de estas etapas son incluidos la recolección, tratamiento y análisis de informaciones internas y externas al territorio. Una gestión adecuada de un proyecto de desarrollo turístico. Se deben crear alianzas y grupos locales en los cuales se involucre a toda o a la mayor parte de la población (Blanco, 2008).

3) Desarrollo de un producto turístico. El productor turístico es un conjunto de viene y servicios puesto a disposición de cierto usuario en un destino determinado. Como parte del producto turístico se incluyen los siguientes factores: recursos turísticos, atractivos turísticos, la planta turística, los servicios complementarios, los medios de transporte y la infraestructura básica.

k. Criterios de sostenibilidad. Para que se pueda llevar la propuesta a un punto de sostenibilidad, se debe evaluar por medio de la metodología los criterios que indican si un área de determinada, potencial o producto turístico entran dentro de la característica sustentable. Según Nanne (2013), existen diversas posibilidades que pueden generar prácticas y tecnologías apropiadas para el uso sostenido de los recursos respecto a los desgastes creados por las actividades humanas. Algunas de las actividades destacadas son:

- Turismo sostenible.
- Ordenamiento territorial.
- Planificación en base al uso potencial de la tierra.
- Educación ambiental, ya sean temas como el ahorro de energía y agua, uso sostenible del recurso del suelo, saneamiento ambiental, entre otros.
- Capacitación y formación profesional.
- Tecnologías limpias.
- Otras.

l. Estudio de mercado. Dentro de las fases importantes de un estudio de mercado se encuentran el estudio de la oferta turística, así como el estudio de la demanda. Dentro de la parte de oferta, existe la posibilidad de identificar en base a esta oferta existente, los potenciales turísticos para la creación de nuevos productos y servicios.

m. Definición de demanda turística. Según, Sancho (2008), la demanda está compuesta por el conjunto de consumidores, o posibles consumidores, tanto de bienes como servicios turísticos. La oferta según el mismo autor, está compuesta por el conjunto de productos, servicios y organizaciones involucrados activamente en la experiencia turística (Sancho, 2008).

1) Clasificación de la demanda turística en relación a la motivación de viaje.

- Demanda efectiva o actual: se determina como el número actual de personas que participan en la actividad turística (Sancho, 2008).
- Demanda potencial: aquel grupo de persona que viajarán en el futuro, cuando experimentan algún cambio en las circunstancias actuales que no le permiten viajar (Sancho, 2008).

n. Tipos de mercado.

Según, Kotler (2004):

- Mercado total: está compuesto por todo ese grupo de personas que cumplen con necesidades que pueden ser satisfechas por la oferta de una empresa.
- Mercado potencial: se compone de todos los entes del mercado total que además de desear un servicio, o un bien, también cuenta con condiciones de adquirirlas.
- Mercado meta: son los segmentos del mercado potencial que se seleccionan en forma específica. Se especifica como el mercado que la empresa desea y decide captar.
- Mercado real: representa el mercado al cual se ha logrado llegar a los consumidores de los segmentos del mercado meta que se han captado. Es el mercado con el que actualmente cuenta la empresa.

B. Metodología

a. Fase inicial. Aclarados los términos, conceptos y establecidas las metas se determinan las tareas que se llevarán a cabo que son: delimitar la zona de la planificación y obtener información sobre las personas y datos propios tales como aprovechamiento actual de la tierra, infraestructura, *etc.*; haciendo visitas preliminares al área de estudio para una mejor ubicación, recopilación de información primaria y secundaria pertinente para poder llevar a cabo el diseño del trabajo, como parte de los antecedentes.

Definir la escala y el nivel de detalle, para ello se utilizará la hoja cartográfica de Amatitlán fotografías aéreas del área de interés y así determinar el área de mapeo.

1) Identificación del área. La tierra que está a disponibilidad para el estudio, se encuentra ubicada aledaña a la parte sur del lago de Amatitlán, teniendo vecindad con Santa Elena Barillas, Villa Nueva y Villa Canales; sus coordenadas en WGS84 son: (-90.5834°W, 14.4606°N; -90.5834°W, 14.4068°N; -90.4996°W, 14.4068°N y -90.4996°W, 14.4606°N).

2) Definición de la oferta existente y el análisis de potencial dentro del área. Para identificar la oferta turística existente se realizaron varias visitas de campo para identificar los servicios turísticos existentes en el área de estudio. En cada sitio se llevó a cabo una entrevista personal con el administrador o dueño de la propiedad, y se resumieron los datos de cada sitio en una ficha técnica (ver Anexo).

La metodología que se utilizó, fue aprobada y aplicada en un proyecto sobre POT dentro del corredor biológico del bosque nuboso en el departamento de Baja Verapaz, realizado por Michelle Nanne en el año 2013. Dentro de esta metodología se pretendió aplicar la metodología del POT con una aplicación para planificación turística. Para esto fue necesario identificar los sitios turísticos ya existentes en una región de estudio, evaluar cada destino turístico de acuerdo a una ponderación por áreas en cada uno de los factores evaluados según la herramienta del POT (factor urbano y de interconexiones, turístico, industrial, forestal y

agropecuario) tomando en cuenta: la calidad de los servicios ofrecidos y el potencial a desarrollar para cada uno de ellos. Las ponderaciones se realizaron por medio de una nueva metodología enfocada a resultados turísticos sin importar el factor de estudio. Se tomó en cuenta el turismo alternativo englobando dentro de este rubro al: turismo natural, cultural y de aventura.

Se realizó un análisis cualitativo, en el que se determinó bajo ciertos criterios específicos, ya determinados dentro de la metodología, el puntaje que indica que tan sostenible o alternativo es o podría ser. En la ficha técnica se asignó una ponderación a cada uno de los atractivos de acuerdo a su grado de conservación, tomando en cuenta que 0 es el menor grado y menor valor para conservación y valoración turística, y 4 es el valor más alto. De esta forma se pudo medir con un valor cuantitativo el grado de potencial turístico de cada área.

3) Estudio de la demanda turística. Se intentó realizar un estudio de demanda turística a través de encuestas locales para definir el perfil de los visitantes actuales y potenciales al área. El objetivo de estas encuestas fue el lograr definir las características de los visitantes actuales y potenciales, y cuáles son los intereses de los mismos. Dentro del anexo, se presenta la encuesta que se utilizaría para el estudio del perfil del mercado actual.

4) Definición del mercado potencial. En la actualidad no existe una oferta turística existente a la cual se pueda definir el perfil y potencial de la demanda; en cambio, se planteó un plan de desarrollo turístico que incluye productos y servicios existentes en circuitos y paquetes turísticos para mercados metas nacionales e internacionales, en una segunda fase productos y servicios turísticos a desarrollarse en el área a un mediano plazo. Se plantearán fases de desarrollo de los productos y servicios turísticos de acuerdo a la inversión que requiera cada tipo de producto o servicio propuesto.

b. Fase de campo. Hacer un mapa preliminar de uso actual de la tierra, verificado en campo. Por medio de la fotointerpretación, en el cual se deben identificar las diferentes formas en las que se está dando uso al suelo actualmente. Posteriormente ver la intensidad del uso de la tierra clasificando el suelo en áreas con uso correcto, sub uso o sobre uso utilizando la herramientas QGIS 2.2

- Realizar el mapa de pendientes según la fisiografía agrupando áreas según porcentajes de pendiente.
- Realizar el mapa de capacidad de uso de la tierra según las categorías de uso del INAB.
- Realizar el mapa de intensidad de uso de la tierra, hacer el análisis y proponer proyectos de desarrollo optimizando el potencial productivo del área.
- Realizar el inventario de aprovechamiento de ciprés común.
- Determinar áreas de bosques para propuestas de reservas naturales privadas.
- En cuanto al turismo, después de haber analizado por medio de fichas técnicas, se tuvo lo necesario para identificar los principales sitios turísticos dentro del área de estudio.
- Los datos importantes recaudados en estas entrevistas incluyen, además de los datos de contacto:

- Los servicios que ofrece el establecimiento.
- Los atractivos turísticos que existen dentro del establecimiento, o cerca del mismo.
- Los atractivos potenciales que no se están aprovechando aún dentro y cerca del establecimiento.

c. Fase final. Luego de haber establecido los objetivos, determinar los criterios para la toma de decisiones sobre aprovechamiento de la tierra, el alcance y el período, preparar el contenido y la forma y cuestiones prácticas del funcionamiento del proyecto

La fase final consistió en el mapeo de toda la información que se recopiló. La utilización del programa QGis fue de vital importancia para hacer los mapas, se creó un layout que es la presentación final del mapa con toda la información necesaria para ser interpretado por cualquier persona que lo vea.

C. Resultados

Guatemala por su posición geográfica, características climáticas, topográficas y edáficas tiene una gran variedad de recursos naturales los cuales no son utilizados adecuadamente todo lo contrario son explotados, contribuyendo así a el deterioro ambiental como se puede apreciar en la actualidad en el lago de Amatitlán que es de gran importancia tanto como recurso hídrico, centro turístico y recurso natural.

1. Reconocimiento del área. Según La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de lago de Amatitlán, el lago está separado en dos por un relleno que permite el paso del ferrocarril, esta separación dividió el lago en dos cuerpos y según estudios realizados con características físicas y químicas diferentes, la parte oeste recibe contaminación por parte de la ciudad Guatemala y el río Villa Lobos; y la otra parte que corresponde a el área donde alrededor se encuentra situada el área de estudio que es al otro extremo del lago es decir al sureste no tiene el mismo grado de contaminación.

a. Colindancias.

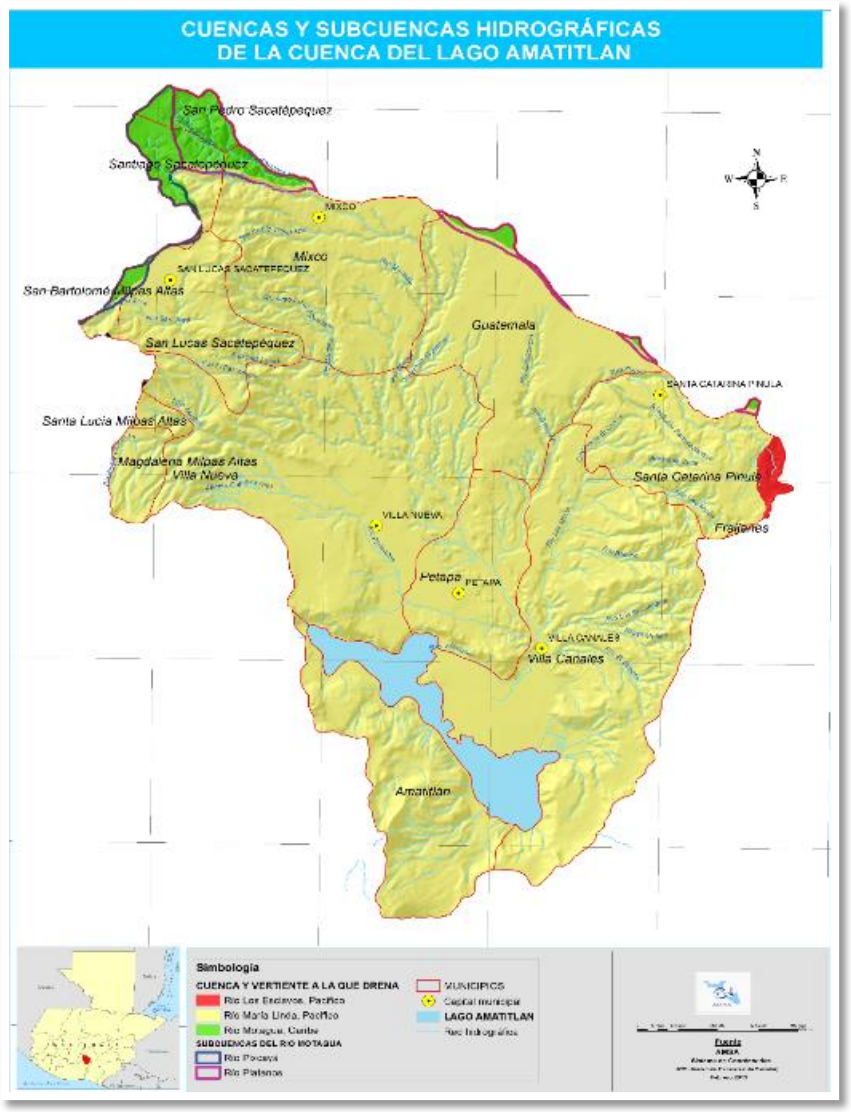
- Norte: cuenca río Motagua (Caribe).
- Sur: cuenca río Michatoya y río María Linda.
- Este: cuenca del río los Esclavos.
- Oeste: cuenca del río Achíguate.

El lago de Amatitlán es un recurso natural que está sujeto a varios usos; es utilizado para riego, pesca artesanal, como suministro de agua para usos domésticos, como área de recreación y deportiva; además, el principal tributario, el río Villalobos transporta hacia el lago el agua residual proveniente de una gran cantidad de descargas tanto domésticas como industriales.

La cuenca a la que pertenece el lago de Amatitlán tiene un área alrededor de 400 km^2 y alberga a una población de aproximadamente dos millones de habitantes. La cuenca es en gran medida una zona urbana, pero se destacan importantes áreas agrícolas y algunos parches boscosos.

La alta densidad poblacional y la falta de un ordenamiento territorial eficaz hacen que en muchos casos el uso de los recursos dentro de la cuenca sea inadecuado, afectando y modificando las características propias del lago de Amatitlán (AMSA, 2013).

Ilustración 38: Cuenca lago de Amatitlán.



Fuente: AMSA.

Se observa en la ilustración que el lago se tiene en la parte sureste del lago (que es la parte menos contaminada) es necesario realizar un ordenamiento territorial, tomando la ventaja que se cuenta con áreas de bosque virgen además de fincas en las que es necesario identificar sus cualidades describiendo sus

características biofísicas, la situación actual y así hacer un estudio de uso del suelo para determinar si el uso que se le está dando corresponde a su capacidad o proponer un uso adecuado, óptimo y racional.

2. Zonas de vida. Se refiere a las características climáticas que describen las zonas de vida, es decir son asociaciones relacionadas entre sí entre la fauna y la flora que según el sistema Holdrige las zonas determinadas en el área delimitadas con ayuda del programa de QGIS 2.0 son: bosque húmedo subtropical templado (bh-St) al norte y sur del lago cubriendo el 87% de la extensión de la cuenca y el bosque húmedo montano bajo (bh-MB) localizado al noreste que abarca el 13% restante del área.

Saber la zona de vida a la que corresponde el área de estudio es útil para determinar qué cultivo se adapta y desarrolla de forma óptima ya que las condiciones ambientales en una zona de vida son homogéneas de acuerdo a parámetros como de temperatura, precipitación pluvial y evapotranspiración, de esa manera suplir sus requerimientos de forma auto sostenible.

Ilustración 39: Zonas de vida de la cuenca lago de Amatitlán.



Fuente: AMSA.

Como se puede observar en el mapa de zonas de vida el área de estudio se ubica en la zona de bosque húmedo subtropical templado (bh-St) como su nombre lo indica es un bosque con humedad relativa alta y templado que se refiere a bajas temperaturas; la vegetación típica está representada por árboles de *Quercus sp, Pinus maximinoi, Pinus montezumae, Byrsonima crassifolia, Pinus Oocarpa* que son especies de árboles que entre sus requerimientos necesita dichas condiciones, lo cuallas hace ser indicadoras de esta zona de vida, es decir que es un terreno con vocación forestal.

Tomando en cuenta las condiciones climáticas, se determinó que el clima es óptimo para que se desempeñe la actividad de turismo. Con el desarrollo de turismo sostenible, se puede englobar varios tipos de turismo alternativo como lo son el turismo de aventura, el turismo de naturaleza, el agroturismo, entre otros que se describen a detalle según el potencial en las diferentes áreas de las fincas.

a. Desarrollo de turismo dentro del área. Como una estrategia para la propuesta de actividades turísticas potenciales con el fin de fomentar el desarrollo sostenible de la parte sur este del lago de Amatitlán, se establece que es un área con alto potencial turístico; sin embargo su aprovechamiento no ha sido considerado ni planificado para su completo desarrollo. Además, variables como el hecho de que sea una ciudad dormitorio afecta factores socioeconómicos importantes como la oportunidad de empleo dentro del área, la educación y la seguridad. Por medio de la presente metodología se buscó identificar los productos turísticos existentes, y se identificó el potencial que aún no ha desarrollado dentro del área.

La propuesta del estudio consiste en el desarrollo de tres fases: identificación de potenciales turísticos y servicios turísticos dentro del área creación de rutas turísticas, unificación de las áreas con actores involucrados plan de mercadeo y publicidad; y finalmente atracción de inversionistas para potenciales sin desarrollar, haciendo mayor énfasis en la primera, ya que de esta depende el desarrollo de las demás. En la primera fase se identificaron los potenciales turísticos que actualmente pueden prestar sus servicios dentro del área de estudio. Adicionalmente se desarrollaron dos propuestas de circuitos turísticos dentro de los cuales se incluyen los principales atractivos culturales, naturales y de aventura.

Se hizo el análisis de potencial turístico en siete fincas involucradas en el área de estudio las cuales son:

- Finca Chatimel.
- Finca el Rincón.
- Ingenio Santa Teresa.
- Finca Tulujá.
- Finca Morán.
- Finca Pampichín.
- San Gregorio Hotel.

1) Finca Chatimel.

Cuadro 14: Descripción de perfil finca Chatimel.

Nombre de la propiedad :	Finca Chatimel.
Coordenadas:	14.40608/-90.553209
Foto:	
Servicios turísticos dentro de la propiedad:	Hospedaje para 81 personas.
	Teatro ecológico.
	Senderos.
	Parqueo amplio para carros/buses.
	Cancha para fútbol sala.
	Canchas de papifut.
	Espacio para acampar.
	Área para eventos.
	Dos salones para eventos.
Atractivos turísticos dentro de la propiedad:	Senderos que conectan con el volcán Pacaya.
	Sendero que conecta con la Laguna de Queso.
	Sendero que conecta al lago de Amatitlán.
	Restos arqueológicos.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos finca Chatimel. Uno de los primeros puntos importantes que se debe analizar cuando se trata de desarrollo turístico es la accesibilidad. Dentro de las fichas técnicas, se le asignaba la mejor calidad de servicios de accesibilidad, a aquellos lugares que contaban con asfalto. Esa es la ponderación más alta que representa la ficha. Todos los lugares que fueron tomados en cuenta dentro del estudio cuentan con asfalto para que tanto carros como buses lleguen, lo cual representa un factor positivo para atraer turismo.

Para llegar a la finca Chatimel se debe de pasar por el pueblo de Santa Elena Barillas. A pesar de que sí existe asfalto, este no se encuentra en excelente estado; debido al transporte pesado que transita dentro de esta vía, la carretera tiene bastantes deterioros. Analizando las ilustraciones presentadas en el apartado

anterior, dentro de los servicios, el punteo dentro de la ponderación, resultó bastante positivo ya que cuenta con la infraestructura necesaria, para que huéspedes se pueda hospedar en el mismo. Cuenta con servicio de alimentación y dentro de sus atractivos más grandes se encuentra la grandiosa vista que da hacia el lago de Amatitlán. También posee varios senderos con vista que conectan con puntos importantes dentro del área como lo son el volcán Pacaya y el lago de Amatitlán.

Actualmente el tipo de turismo que visita Chatimel, es turismo religioso, ya que tiene los espacios perfectos para realizar retiros espirituales. Además también cuenta con un teatro ecológico, donde pueden estar sentadas hasta 100 personas, que los decibeles del sonido no molestan a los vecinos a causa del diseño sostenible, que lo mantiene debajo de la tierra. Chatimel también cuenta con varios espacios disponibles para realizar eventos. Además de las cabañas, también cuenta con un espacio grande para acampar. Cuenta con canchas de fútbol sala, y de papi fútbol. El sitio cuenta con un gran potencial natural, es un lugar retirado, silencioso, tranquilo. El único turismo que han logrado captar es el de los retiros, pero podría también promocionarse como un spa de relajación o como un hotel sostenible.

2) Finca el Rincón.

Cuadro 15: Descripción de perfil finca el Rincón.

Nombre de la propiedad :	Finca el Rincón
Coordenadas:	14.489031/ -90.528596
Fotos del lugar:	 
Servicios turísticos dentro de la propiedad:	Exposición de arte local.
	Cafetería.
	Museo.
	Venta de souvenirs.
	Senderos.
	Área para acampar.
	Área para eventos.
	Cabalgatas.
	Guías turísticos.
	Tour de café.
	Mirador.
Atractivos turísticos:	Plantaciones de café.
	1 cueva.
	Senderos.
	3 cataratas.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos de la finca el Rincón. En la ilustración expuesta de atractivos turísticos de finca el Rincón, se puede observar que es el que más diversidad de atractivos tiene, ya que cuenta con natural, cultural y aventura. Además, este sitio cuenta con una variedad de potenciales turísticos, también cuenta con una alta ponderación en lo que respecta a servicios mencionados.

Los propietarios de esta finca, se han inclinado por ir desarrollando productos turísticos sostenibles con los potenciales que posee el área. Dentro los servicios que ofrecen se encuentran las cabalgatas, los tours guillados a las cascadas, el tour de café, área de camping, tienda de suvenires, un museo y una exposición de arte local. Dentro de los potenciales que aún no están desarrollados como productor turístico sostenible se encuentra la falta de dormitorios; sin embargo, sí cuenta con la estructura necesaria. En el Rincón cuenta con una casa antigua de más de 100 años de antigüedad, la cual podría remodelarse para contar con camas, y de esta manera los turistas puedan permanecer más de un día en el lugar.

Finca el Rincón cuenta con la accesibilidad necesaria. A esta finca se llega cruzando el pueblo de Villa Canales; cuenta con servicios básicos, así como también servicios turísticos. Cuenta con la infraestructura necesaria para recibir visitantes, así como también con una calidad forestal óptima. Al analizar los otros sitios turísticos, se pudo notar que finca el Rincón es de los sitios que mejor infraestructura y cantidad de atractivos posee. Este solo necesita más promoción y publicidad, que pueda atraer otro segmento de turismo además del religioso y eventos que es el que actualmente se maneja.

3) Ingenio Santa Teresa.

Cuadro 16: Descripción de perfil Ingenio Santa Teresa.

Nombre de la propiedad:	Ingenio Santa Teresa
Coordenadas:	14.449065/-90.519894
Fotos:	 
Servicios turísticos dentro de la propiedad:	Parque de monumento iglesia antigua, época colonial.
	Tour y demostración de injertos de café.
Atractivos turísticos dentro de la propiedad:	Restos de una fábrica de cochinilla de una orden de franciscanos o dominicas de la época colonial.
	Resto de iglesia antigua en medio del pueblo de Villa Canales.
	Plantaciones de café.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos Ingenio Santa Teresa. Este ingenio ocupa un amplio territorio y se dedica principalmente a la producción de azúcar, no ha sido desarrollado directamente para el turismo. Sin embargo, sí ofrecen el tour de café, pero este es el único servicio turístico y lo realizan a través de los guías turísticos de la finca el Rincón, ya que los propietarios son familiares.

La importancia de este sitio, resalta en la riqueza cultural que presenta el sitio. Este tiene dos monumentos antiguos, que parecen ser de la época colonial. Estos no han sido muy bien investigados, pero según los dueños, uno de ellos es una antigua fábrica de cochinilla, que primero debió haber sido utilizada por la etnia de lo Pokomames y después por los españoles durante la colonia. Esta fábrica de cochinilla se encuentra enterrada bajo unas plantaciones de café y solamente ciertas partes están descubiertas. Este monumento cultural se puede tomar en cuenta como un potencial a desarrollar turísticamente, ya que los dueños estarían de acuerdo en abrirlo al público para el turismo, si hubiese la manera de encontrar un equipo para restaurarlo e investigarlo y los fondos necesarios.

Aparte del atractivo cultural anteriormente citado, también se encuentra una iglesia en medio de Villa Canales. Esta ya se puede tomar en cuenta como un producto turístico sostenible, ya que fue restaurada e investigada. Actualmente el Ingenio Santa Teresa le renta esta propiedad a la municipalidad de Villa Canales y esta funciona como un parque para todas las personas de la comunidad. Se encuentra en perfectas condiciones, con excelente jardinización y bancas para que las personas tenga donde sentarse. Este monumento podría ser tomando en cuenta como parte de un circuito turístico cultural, en el que se visite este lugar tan antiguo. El sitio cuenta con la accesibilidad necesaria, se llega por el pueblo de Santa Elena Barillas, cuenta con solamente un producto turístico sostenible, que esta iglesia convertida en un parque municipal. Cuenta con una variedad de flora y fauna, una gran parte es siempre de caña, mientras que otra es bosque que no ha sido tocado, y otras partes son plantaciones de café.

4) Finca Tulujá.

Cuadro 17: Descripción de perfil finca Tulujá.

Nombre de la propiedad :	Finca Tulujá
Coordenadas:	14.489019/-90.528452
Foto:	
Atractivos turísticos	Ninguno. Ruina de acueducto, época colonial. Vista montañas, volcán.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos finca Tulujá. Esta finca contiene una buena accesibilidad. Cuenta con diversidad de paisajes, ya que está rodeada de cerros y montañas. Contiene una alta calidad forestal y poca contaminación cercana, tanto visual como auditiva.

Esta finca no contiene ningún producto turístico sostenible, pero posee un potencial cultural interesante. Por esta finca pasa un antiguo acueducto que también reside de la época colonial. Aún no se ha investigado la historia de este monumento antiguo, pero este también podrá ser un proyecto a desarrollar.

5) Finca Morán.

Cuadro 18: Descripción de perfil finca Morán.

Nombre de la propiedad :	Finca Morán
Coordenadas:	14.493337/-90.538595
Fotos:	 

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos finca Morán. En esta finca, el atractivo principal es una iglesia y un cementerio de la época colonial. Este actualmente está siendo desarrollado para realizar eventos, ya que cuando se visitó lo estaba jardinizando e implementando baños en los alrededores. Aunque la accesibilidad es excelente, el factor de contaminación visual afecta mucho el turismo que se pueda atraer, ya que el monumento está rodeado de fábricas y bodegas. Este podría ser solamente tomado en cuenta dentro de un circuito turístico en el que se visite, para conocer un poco acerca de su historia. Sin embargo, este necesita más investigación.

6) Finca Pampichín.

Cuadro 19: Descripción de perfil finca Pampichín.

Nombre de la propiedad:	Finca Pampichín
Coordenadas:	14.422867/-90.550181
Fotos:	 
Servicios turísticos dentro de la propiedad:	Ninguno.
Atractivos turísticos dentro de la propiedad:	Restos de iglesia / cementerio época colonial enfrente del lago de Amatitlán.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos finca Pampichín. Esta finca es bastante amplia, ya que el dueño ha comprado varios terrenos pensando en volverlos un complejo turístico sostenible. Los potenciales que posee el área son un complejo de ruinas situadas a la orilla del lago de Amatitlán con potencial de convertirlo en algún spa o sitio de relajación por su tranquilidad y alta biodiversidad. Actualmente, el área cuenta con una excelente accesibilidad, una alta calidad forestal, cuenta con plantaciones de melocotones, aguacates entre otros cultivos. La contaminación que posee el lago de Amatitlán que recorre el área, podría llegar a representar un factor negativo; sin embargo, el hecho de hacer un spa con jacuzzis o aguas termales, minimizaría esta contaminación visual del lago.

Este lugar todavía no está desarrollado como un producto turístico, ya que aún no cuenta con la infraestructura necesaria para recibir visitantes. Sin embargo, este sí cuenta con un alto potencial de atractivos tanto naturales como culturales.

7) San Gregorio Hotel y Spa.

Cuadro 20: Descripción de perfil San Gregorio Spa.

Nombre de la propiedad:	San Gregorio Hotel y Spa
Coordenadas:	14.443913/-90.500153
Foto:	 
Servicios turísticos:	Spa.
	Habitaciones.
	Restaurante.
	Salones para eventos.
Atractivos turísticos de la propiedad:	Ambiente de relajación.
	Vistas.

Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de los potenciales y servicios turísticos San Gregorio. San Gregorio es un lugar, que ya está desarrollado como productor turístico sostenible. Es un hotel, en el que desde el diseño, hasta los consumos que realizan de agua y energía son sostenibles. La accesibilidad es perfecta, ya que su ubicación es excelente, a tan solo 20 minutos de la ciudad capital en carretera El Salvador.

Este lugar es ideal para atrapar ese segmento de turismo, que desea relajarse y dormir en un lugar tranquilo rodeado de naturaleza y asimismo cercano a otros atractivos turísticos dentro del área de estudio.

b. Fases de desarrollo turístico local dentro del área.

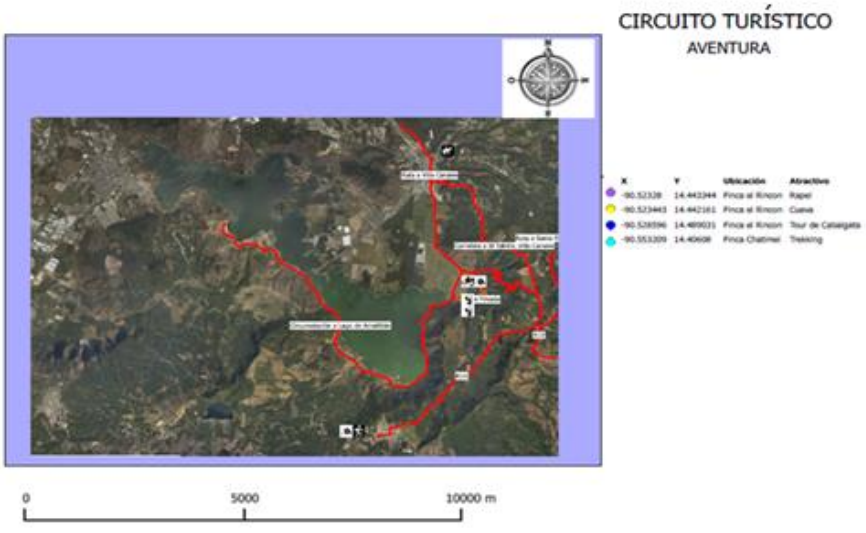
Cuadro 21: Fases de desarrollo turístico.

Fase	Plazo	Acciones	Sitios a trabajar
1	Corto	Crear alianzas estratégicas entre los destinos ya existentes.	Finca el Rincón, Chatimel y Hotel San Gregorio.
1	Corto	Alianzas estratégicas con operadores, otros oferentes de productos y servicios.	Finca el Rincón, Chatimel y Hotel San Gregorio.
2	Mediano	Estrategia de promoción y comercialización. Estos destinos deberán buscar apoyo del INGUAT, Agexport. También aliarse con pequeñas y grandes operadoras de turismo.	Finca el Rincón, Chatimel y Hotel San Gregorio.
3	Largo	Atracción de inversionistas a destinos potenciales. Buscar personas interesadas en desarrollar productos turísticos sostenibles en donde se encontraron estos atractivos culturales como lo son las ruinas. Asimismo que estos unifiquen con lo demás ya antes complementados dentro de esta área para poder diversificar las opciones de turismo como región de Villa Canales. (Rincón, San Gregorio, Chatimel).	Finca Morán. Finca Pampichín. Ingenio Santa Teresa.
3	Largo	Desarrollo de productos turísticos. Implementar baños, senderos, y apariencia de los atractivos.	Finca Morán. Finca Pampichín. Ingenio Santa Teresa.

Fuente: Elaboración propia.

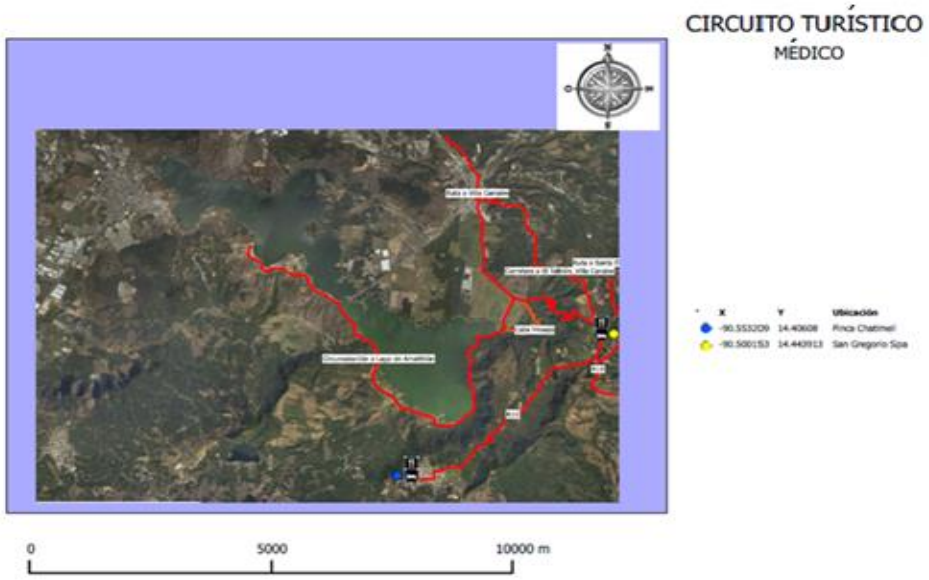
c. Rutas turísticas dentro del área.

Ilustración 40: Ruta turística de aventura.



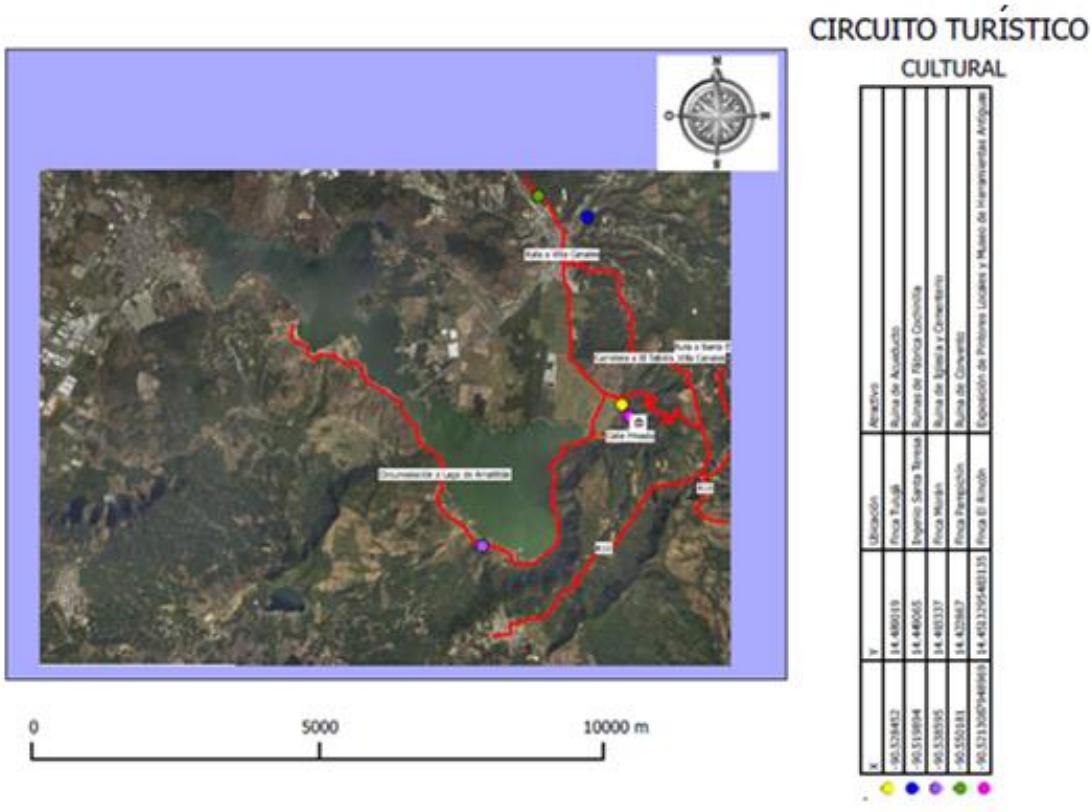
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 41: Ruta turística médica.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 42: Ruta turística cultural.

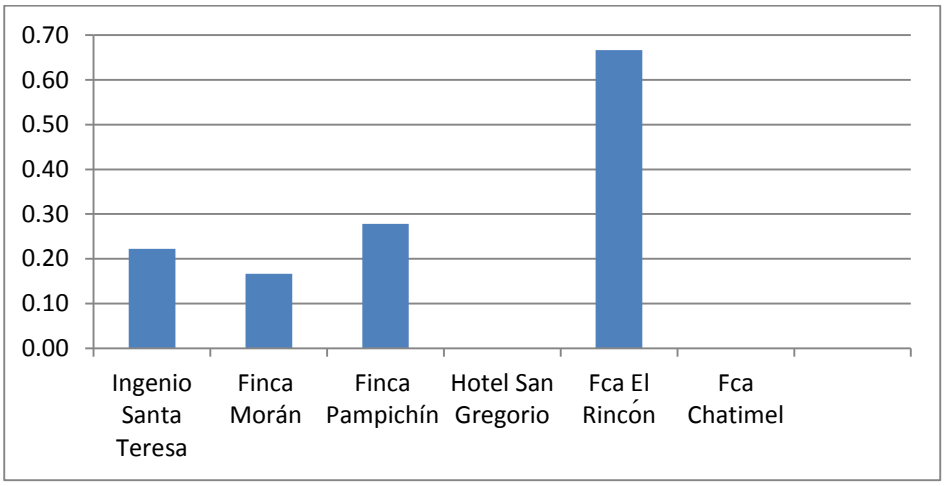


Fuente: Elaboración propia.

d. Ilustraciones estadísticas sobre atractivos turísticos de las fincas analizadas.

1) Atractivos cultural, natural y de aventura por finca.

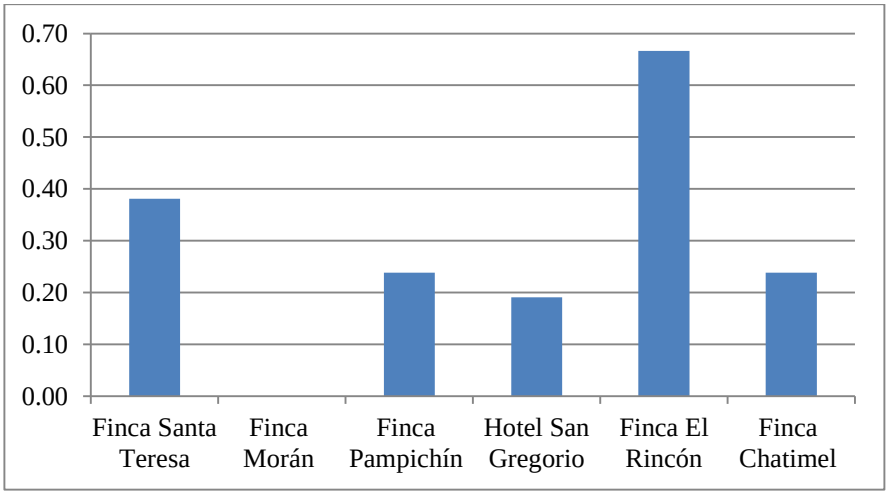
Ilustración 43: Inventario de atractivos culturales por finca.



Fuente: Elaboración propia.

La finca el Rincón es la propiedad que presenta la mayor cantidad de atractivos culturales identificados actualmente. Es la única que está abierta al público y que ofrece al público un pequeño museo, artesanías y arte del área para muestra y para venta. Además, tiene estructuras arquitectónicas del siglo pasado (una casa patronal restaurada, y ruinas de un trapiche y un beneficio de café del siglo pasado). Los demás sitios tienen estructuras y ruinas de diferentes épocas, pero no están restauradas, ni abiertas al público.

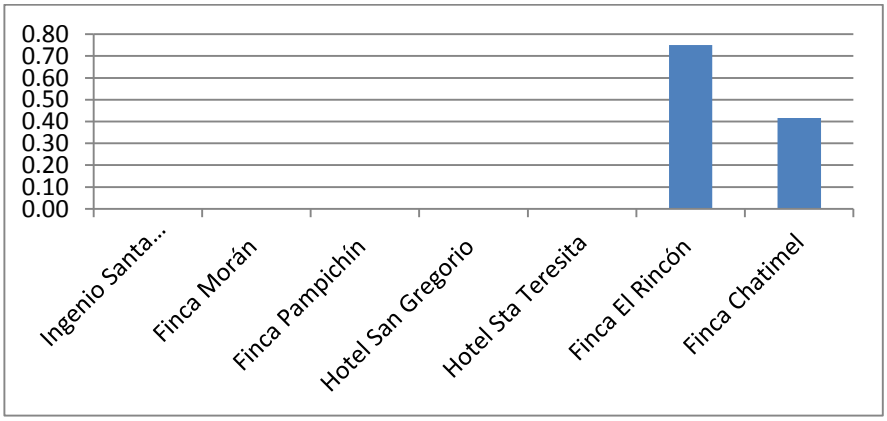
Ilustración 44: Atractivos naturales por finca.



Fuente: Elaboración propia.

Las únicas propiedades visitadas que tienen atractivos para turismo de aventura son finca el Rincón (que ofrece servicios de cabalgata a caballo, senderismo y potencial para hacer rappel – aunque aún no tienen las normas de seguridad requeridas) y la finca Chatimel (que ofrece bicicleta de montaña y senderismo). Las demás no tienen servicios, aunque podrían considerar desarrollar alguna actividad de turismo de aventura, porque tienen posibilidades gracias a sus atractivos naturales.

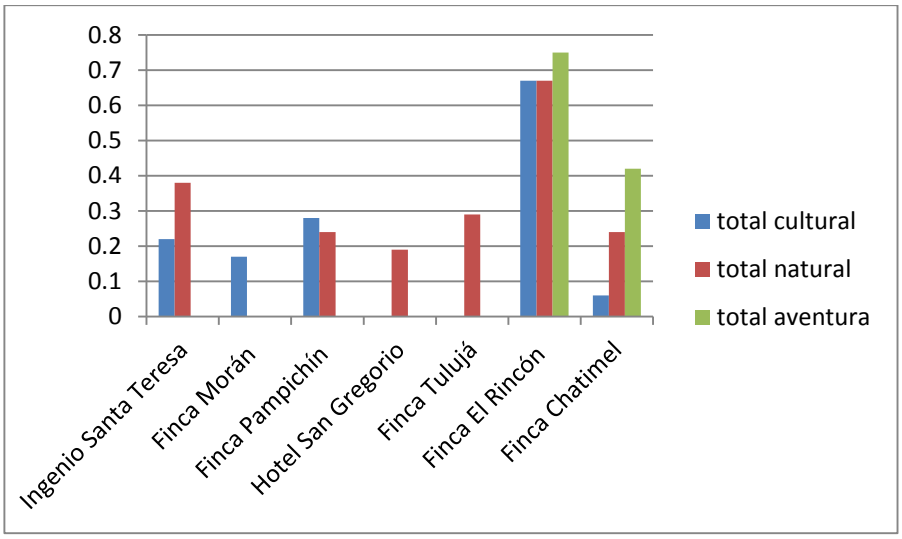
Ilustración 45: Atractivos de aventura por finca.



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, la propiedad que tienen más potencial para llevar a cabo turismo en general gracias a su diversificación de productos turísticos es la finca el Rincón, seguida por la finca Chatimel. Las demás muestran potencial, pero no están listos para abrir al público sin antes desarrollar sus productos turísticos claramente.

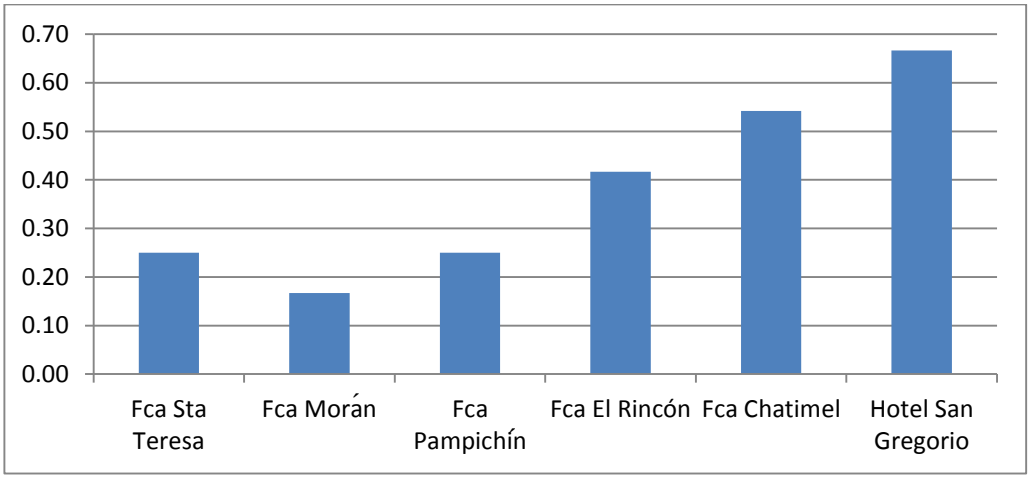
Ilustración 46: Resumen de atractivos en total cultura, natural y aventura por finca.



Fuente: Elaboración propia.

e. Inventarios de servicios turísticos por finca. Según el factor urbano y de conexión todas las propiedades ponderan igual, con buen acceso a carretera asfaltada, a menos de 2 km de la carrera principal, y sin registros de incidentes en el Ministerio Público. En cuanto al inventario de servicios turísticos, los dos sitios que ofrecen hospedaje, San Gregorio Hotel & Spa y Finca Chatimel, obtuvieron las ponderaciones más altas, arriba del 50 % de los servicios turísticos evaluados. Ellos proveen de servicios de baños, de hospedaje y de comida (para diferentes públicos). En finca el Rincón, solamente se cuenta con servicios de baños, cafetería, senderos con guía local de turismo (capacitados) y área para acampar. Las demás fincas solamente tienen área de camping por lo que ponderaron muy bajo. Les falta habilitar baños, mejorar senderos hacia servicios y atractivos turísticos; es decir, hacer un desarrollo turístico.

Ilustración 47: Ponderación de servicios turísticos por sitio visitado.



Fuente: Elaboración propia.

Se definió el mercadeo meta de los sitios visitados en base de las entrevistas con los propietarios y la descripción que dieron de sus mercados actuales y para quiénes habían diseñado sus productos turísticos.

f. Estudio de mercado. Dentro de finca el Rincón, y finca Chatimel, que son los que más alta ponderación obtuvieron en lo que respecta a servicios turísticos, fue imposible encontrar un día en el que residieran turistas de diferentes lugares de manera habitual. La explicación de los dueños, es que actualmente no existen un flujo constante de turista, o un grupo específico que se pudiera segmentar, sino que solamente le están llegando varias personas juntas que alquilan los sitios para eventos o retiros programados con anticipación. Esto es a causa de la falta de recursos para invertir en mercadeo y publicidad; también a causa de falta de alianzas estratégicas.

1) Turistas dentro del área de estudio. Por otro lado, en Santa Teresita y San Gregorio que funcionan como spa, los tipos de turistas que los visitan, son personas de la ciudad que buscan una terapia

de relajación los fines de semana. Cuando se realizaron las visitas, en Santa Teresita, se pudo observar una mayor cantidad de turistas locales de un nivel socio-económico medio, mientras que en San Gregorio vienen tanto turistas nacionales como internaciones, de un nivel socio-económico medio-alto, ya que los precios también son más elevados en comparación de Santa Teresita.

2) Tipos de mercado para el área de estudio.

a) Turismo local Villa Canales y Santa Elena Barillas. Principalmente los sitios turísticos que se presentan dentro de esta investigación, apuntan a un turismo local en lo inmediato. Más adelante, conforme la calidad de los servicios y productos aumento podría enfocarse al mercado internacional, aunque el área de estudio no se encuentra en la ruta del destinos visitados por el mercado extranjero.

En el año 2013, se realizaron encuestas a pobladores de Villa Canales para determinar los intereses y sitios de ocio de pobladores locales. El resultado de las treinta encuestas realizadas a personas de la población mostró que ninguno de los encuestados conocía los destinos turísticos del municipio mencionados en este estudio. También identificaron que no cuentan con una oferta local de actividades recreativas o destinos turísticos para disfrutar durante su tiempo de ocio los fines de semana y días festivos. Estos resultados muestran que no hay una divulgación o promoción de actividades o destinos locales hacia la población local que requiere de sitios de ocio. Se recomienda considerar este mercado local como un mercado meta para ciertos destinos ya que es un mercado real que puede generar afluencia semanal de visitantes aunque no tenga un poder adquisitivo tan alto. Se pueden ofrecer productos y servicios turísticos de acuerdo a su capacidad adquisitiva. Este mercado requiere de atención y de educación sobre el patrimonio natural y cultural del área para que valoren dicho patrimonio y lo cuiden.

b) Turismo de la ciudad de Guatemala, Villa Nueva, Amatitlán y carretera a el Salvador. El segundo segmento al que se recomienda apuntar, es el mercado interno capitalino. Es un mercado muy cercano (que reside a menos de media hora en carro o en bus de la ciudad capital), que busca oportunidades nuevas de recreación cercanas a la ciudad. Sus intereses son diversos, pero principalmente busca recreación familiar o en grupos de amigos, y puede aprovechar naturaleza, aventura y cultura.

Las diversas rutas de acceso desde la Ciudad de Guatemala, desde Villa Nueva, desde carretera a El Salvador y desde Amatitlán, facilitan la llegada de este mercado meta que se debe de considerar para el desarrollo de productos y servicios turísticos y su promoción.

Las rutas de acceso más recomendables está indicadas en las ilustraciones (ver ilustraciones sobre rutas turísticas). Principalmente se podrían mejorar las carreteras que llevan desde la avenida Hincapié hasta el área de estudio, así como las de carretera a El Salvador hacia el área también.

c) Turismo médico, un segmento potencial para el futuro dentro del área. Cada año miles de turistas procedentes de Estados Unidos, Europa y Sur América vienen a Guatemala en busca de procedimientos médicos y quirúrgicos. En Guatemala hay una "ciudad salud" con clínicas médicas de punta y con técnicas de vanguardia, en especialidades tales como la ortopedia mini invasiva, tratamientos de cáncer, ortopedia de última generación, centros de fertilidad, centros de rehabilitación cardiaca. Además, existen spa y aguas termales que han convertido a Guatemala en uno de los lugares ideales para rejuvenecimiento. Según la AGEXPORT este segmento sabe combinar tanto la diversión como el placer con salud y bienestar. Los tratamientos médicos de primera línea incluyendo el hospedaje y lo más interesante es que terminan siendo tres veces más económicos que en América del Norte, por ello es que muchas familias acompañan a los interesados en recuperar su salud y aprovechan para conocer el país (Agexport, 2012).

El turismo de salud y bienestar creció en Guatemala 13,3% en 2012 en comparación con el año precedente, informó la Asociación Guatemalteca de Exportadores.

<<El sector se encuentra en constante crecimiento debido a que se incrementó 13,3% con relación al 2011, con un cierre de US$ 8,5 millones en exportación de servicios médicos y de bienestar>>, detalla en un comunicado la Comisión de Turismo de Salud y Bienestar de la Agexpor (Agexport, 2012).

La nota de prensa explica que más de 1.500 personas provenientes de Estados Unidos, Europa, la comunidad latina en Estados Unidos, el sur de México y Centroamérica llegaron a Guatemala el año pasado con fines de turismo de salud. De acuerdo con los datos, los pacientes internacionales ahorran en Guatemala:

<< hasta un 70% de lo que gastarían en sus países de origen>>. Para 2013 el país se propone captar más de 5.000 pacientes y generar US$ 35 millones en ese sector. (Agexport, 2012).

Existen dos lugares para que las personas que buscan mejorar su salud puedan tener una recuperación agradable, estos dos lugares son: finca Chatimel, spa San Gregorio. Por otro lado, las personas que acompañan a sus familiares en recuperación, pueden gozar de visitar atractivos turísticos sin salir del perímetro de la ciudad capital, entre los potenciales atractivos turísticos se encuentran: Chatimel, Morán, Tulujá, el Rincón y Pampichin.

d) Turismo especializado en salud, naturaleza y cultura. Además de enfocarse en el turismo interno que tiene mucho potencial por su cercanía y su necesidad de ocio, se puede enfocar el desarrollo de productos y servicios turístico entorno a intereses específicos del mercado. Entre los intereses que salen a luz entre el mercado actual en estos destinos se identificaron tres segmentos principales:

- Turismo de salud: el hotel y spa San Gregorio atiende una demanda local fuerte en turismo de salud y bienestar que aprovecha de saunas, masajes, *etc*. Igualmente el hotel Kawilal spa en Amatitlán atiende parte de este segmento turístico con sus baños de vapor y aguas termales.
- Turismo de naturaleza: existe una pequeña demanda de visitantes interesados en naturaleza, para observación y admiración.
- Turismo rural o agroturismo.

3. Fisiografía y geomorfología. La subcuenca se encuentra ubicada en la región fisiográfica de tierras altas volcánicas y esta forma parte del sistema de cordilleras que va desde Chiapas hasta Honduras, dentro de la cordillera central el altiplano, constituye una región con pendientes onduladas y escarpadas de gradientes variables.

Ilustración 48: Relieve de la cuenca del lago de Amatitlán.



Fuente: AMSA.

Las características geológicas de la subcuenca del lago de Amatitlán se encuentran delimitadas por el cinturón volcánico que atraviesa el país Noroeste a Suroeste, en ellas existen formaciones de origen ígneo, rocas volcánicas terciarias, sedimentos piroclástico de orden volcánico, aluviones fluviales y sedimentos lacustre. En la región volcánica de Guatemala, las erupciones lanzaron cantidades de material principalmente basalto y riodacitas que cubrieron las formaciones de tierras preexistentes, desarrolladas sobre el basamento cristalino y sedimentario que esta hacia el norte. Las cuencas de esta región han sido llenadas parcialmente o cubiertas con pómez cuaternaria, lo que proporciona un paisaje muy contrastante con las áreas volcánicas escabrosas que las rodean.

a. Suelos. Según la clasificación de suelos de Simmons existen las siguientes series: Cauque, Alotenango, Guatemala fase pendiente, Morán, Pacaya, áreas fragosas, cimas volcánicas y suelos aluviales no diferenciados. (Rodríguez, 2008)

Los suelos de la cuenca del lago de Amatitlán están desarrollados sobre cenizas volcánicas a elevaciones medias, superficialmente cafés de textura franco arcillosa, de color rojizo, de muy buena profundidad. (Rodríguez, 2008)

Dentro de la clasificación de Simmons el tipo Morán y Cauque son los que describen el área de estudio, además de forma general Simmons indica que los suelos de esta parte de Guatemala, es decir la Altiplanicie Central, son suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud.

1) Morán. Profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en clima húmedo-seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados a altitudes medianas superiores en el sur central de Guatemala, están asociados con los suelos Fraijanes y Barberena, pero son suelos más profundos, pesados y se asemejan a los suelos Guatemala y Cauque, con un ligero tono más rojizo.

2) Cauque. Profundos, bien drenados, desarrollados en clima húmedo-seco sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Ocupan relieves de ondulados a inclinados a altitudes de 1500 msnm, sobre la meseta central de Guatemala.

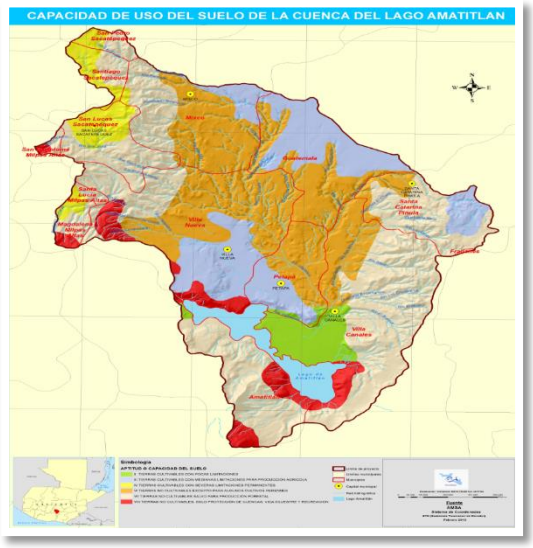
Ilustración 49: Muestra de suelo, prueba al tacto.



Fuente: Elaboración propia.

4. Capacidad de uso de la tierra. En general, las tierras de la cuenca del lago de Amatitlán son de producción forestal, cultivos perennes, pastoreo, reservas naturales y parques. Las tierras planas, arables para cultivos anuales sin limitaciones. El área donde se encuentra la finca según este mapa pertenece a la región VII y VIII que son tierras no cultivables salvo para producción y protección forestal.

Ilustración 50: Capacidad de uso del suelo, cuenca lago de Amatitlán.

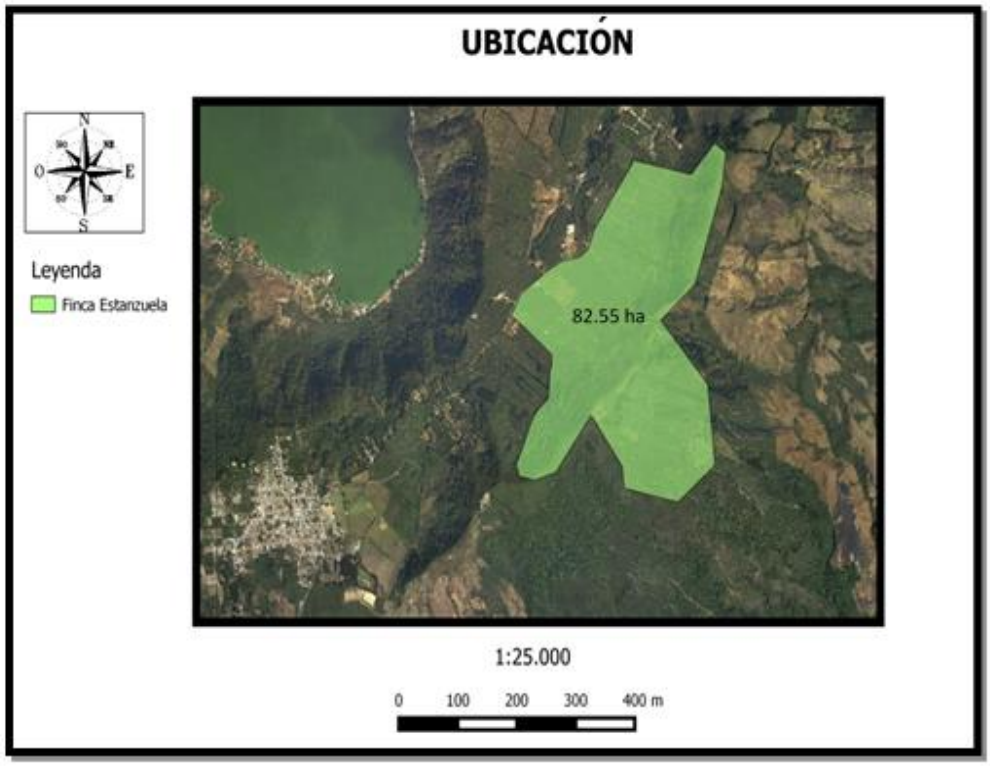


Fuente: AMSA.

a. Ubicación del área de estudio. Dentro del complejo de fincas del área de estudio del megaproyecto, se encuentra la finca La Estanzuela ubicada en la aldea Santa Elena Barillas, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala; cuenta con un área total de 82.55 ha en un rango de elevación de 1400 a 1700 msnm. Dicha finca se tomó como base de estudio por dos razones: la primera porque cuenta con un área significativamente grande de cultivo de árboles de ciprés, que se quieren aprovechar para el proyecto de construcción de casas de madera, y la otra razón es porque aledaño a la finca se encuentran terrenos baldíos pedregosos, sin uso, los cuales se pretenden establecer como reservas naturales privadas, por lo tanto es necesario hacer una caracterización de las áreas para identificarlas y hacer un estudio de capacidad de uso del suelo para poder optimizar el mismo.

1) Delimitación del área de estudio

Ilustración 51: Delimitación finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

2) Uso actual. Se realizaron visitas a la finca para hacer el reconocimiento del uso que actualmente se le da al terreno. Se cuenta con cultivo de café bajo sombra y producción maderera como principales actividades de manejo.

Ilustración 52: Producción forestal, ciprés común.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 53: Producción forestal, ciprés común.



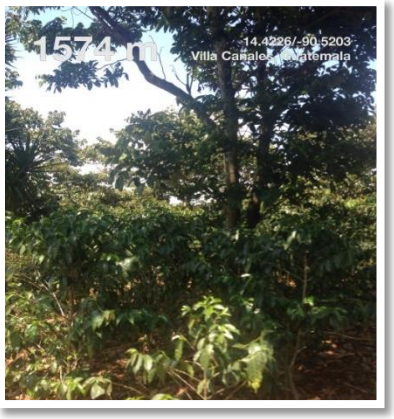
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 54: Cultivo de café bajo sombra.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 55: Cultivo de café bajo sombra.



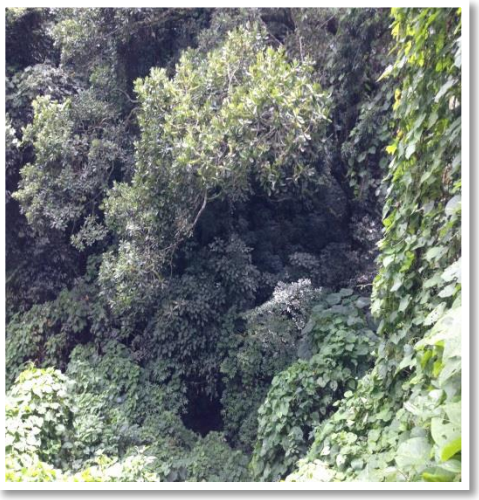
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 56: Terrenos baldíos, propuesta RNP.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 57: Terrenos baldíos, propuesta RNP.

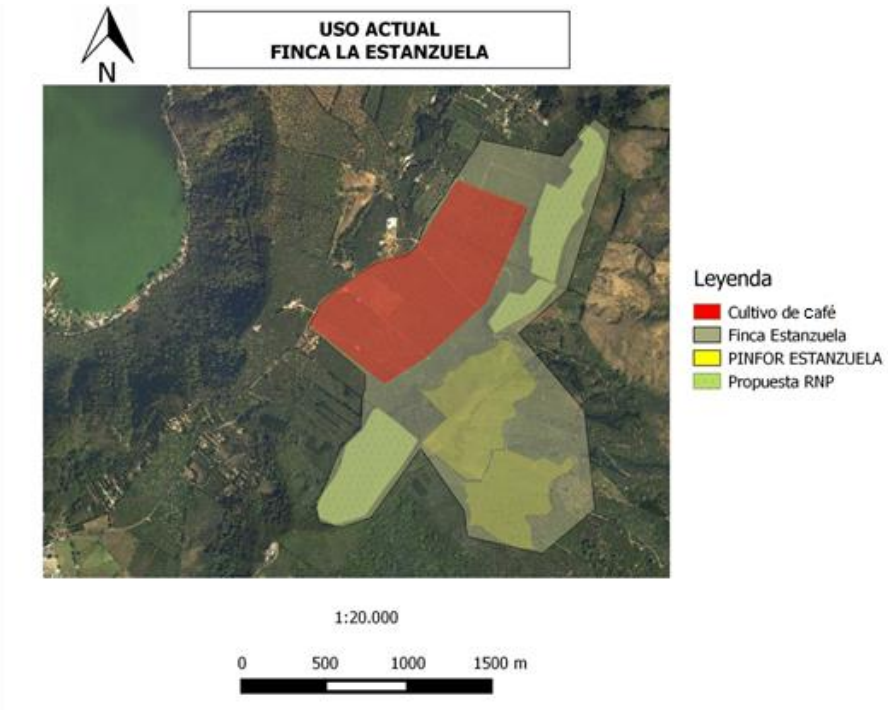


Fuente: Elaboración propia.

Además de las principales actividades de manejo, la finca colinda con áreas baldías, que llaman la atención ya que no se les puede dar ningún uso porque son terrenos limitados por la alta pedregosidad y pendiente; sin embargo podrían ser utilizados como reservas naturales privadas.

3) Mapa de uso actual finca la Estanzuela.

Ilustración 58: Uso actual, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

En el mapa se puede observar la finca la Estanzuela y como reconocimiento del uso actual se enfatizan las actividades principales que básicamente son los cultivos de producción de café y ciprés común. En el mapa se observa también las áreas de propuesta para reservas naturales privadas en el siguiente cuadro se detalla la especie y el área aproximada que estos abarcan.

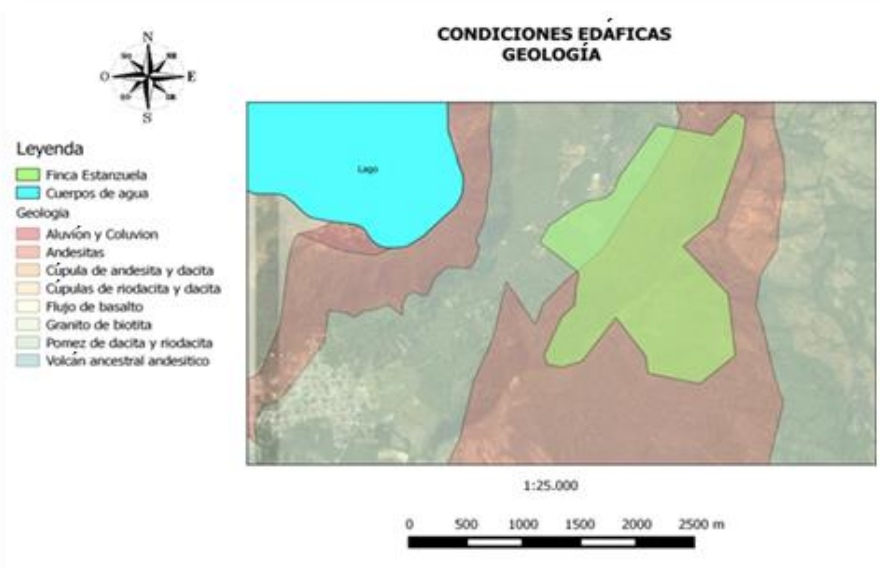
Cuadro 22: Descripción de actividades de producción, cultivo y área.

Actividad	Cultivo (especie)	Área (ha)
Producción de café bajo sombra	*Coffea arabica*, pache y caturra.	50
Producción maderera	*Cupressus Lucitanica*, ciprés común.	27
Propuesta RNP	Guamil	59.7

Fuente: Elaboración propia.

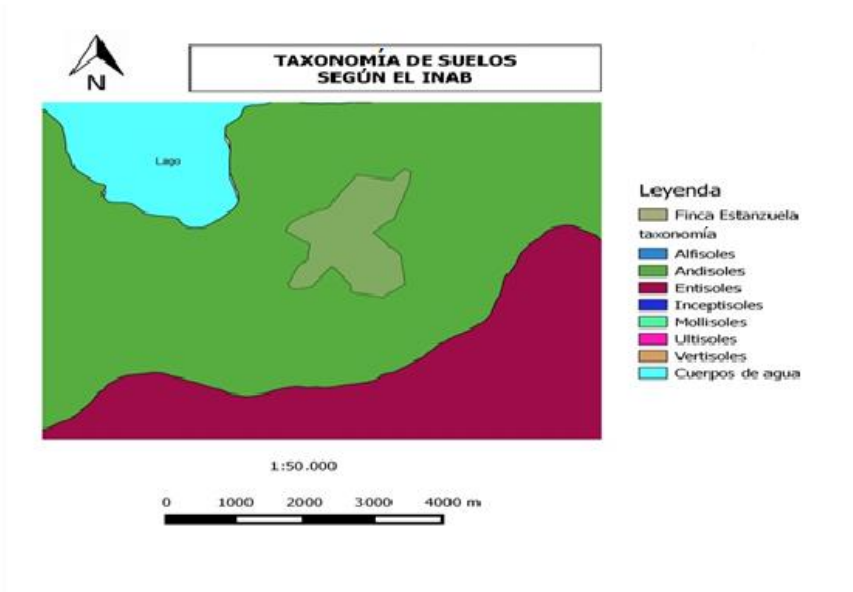
4) Características edáficas de la finca La Estanzuela según el INAB. Según el mapa de clasificación taxonómica de suelos de Guatemala proporcionada por el INAB pertenece al grupo; pertenece al grupo terciario volcánico (Tv) y según el mapa geológico pertenece al grupo de los andisoles en donde se pueden encontrar materiales como: pómez de diacita y riodacita, andesitas, aluvión, coluvión y flujo de basalto.

Ilustración 59: Clasificación taxonómica según el INAB, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 60: Geología según el INAB, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Los suelos andisoles, como se puede apreciar en la Ilustración 61 son suelos de color oscuro, porosos, con alto contenido de materia orgánica alrededor de un 20% y efectivamente se desarrollan a partir de cenizas volcánicas, son suelos muy buenos para cultivos agrícolas.

Ilustración 61: Muestra de suelo, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen, según la prueba al tacto es un suelo Franco arcilloso, es decir es un suelo con muy buenas propiedades, el término "franco" se refiere a que está bien graduando en cuanto a las partículas de arena, arcilla y limo, es un suelo con contenido de materia orgánica, suelto, con buena profundidad, sin limitación de drenaje y sin pedregosidad en otras palabras es un suelo muy fértil, apto para cualquier tipo de cultivo.

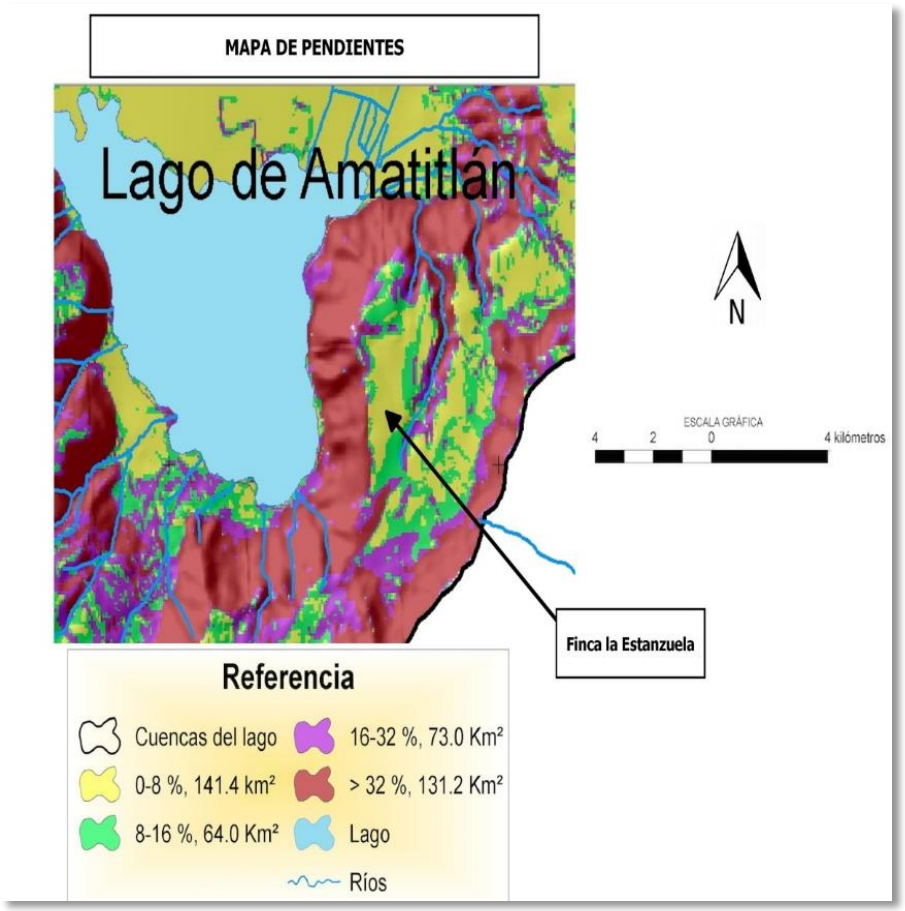
5) Mapa de pendientes. Durante el reconocimiento del área se hicieron mediciones de pendiente en diferentes puntos obteniendo un promedio de pendiente entre el 0-8% y 16-37%.

Ilustración 62: Medición de pendiente en campo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 63: Mapa de pendientes cuenca del lago de Amatitlán.

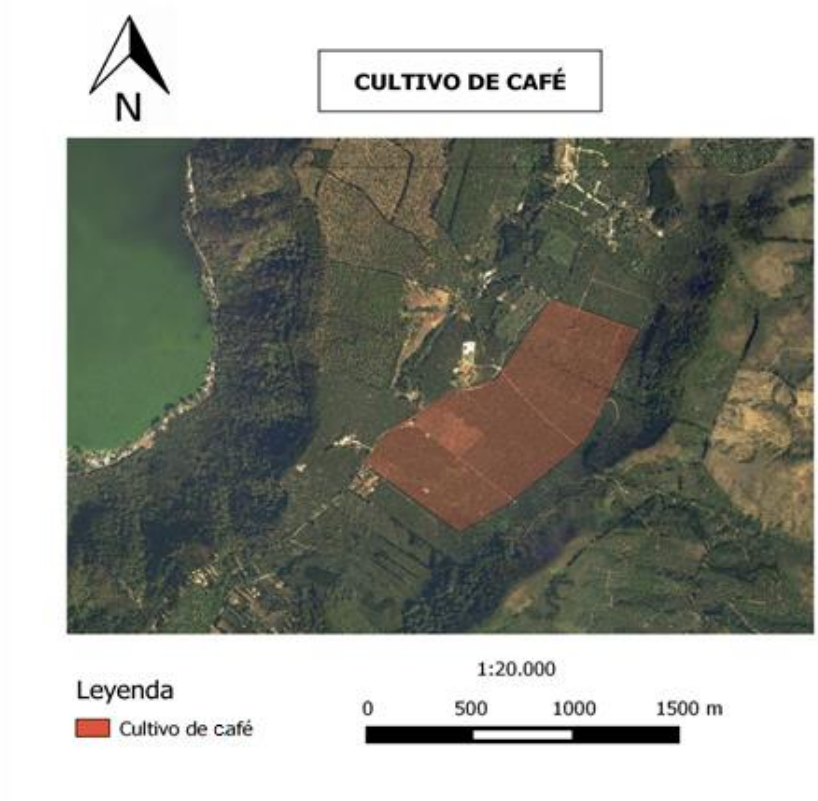


Fuente: AMSA.

Con ayuda del programa QGIS 2 y con las curvas a nivel se logró hacer la diferenciación de pendientes, como se puede apreciar en el mapa de pendientes proporcionado por AMSA claramente se puede ver que en donde se encuentra ubicada la finca la Estanzuela se tienen pendientes alrededor de 0-8% y entre el 8-16% en algunos puntos también se tienen mayores pendientes entre 16-32% como se ve en el mapa. Conocer la pendiente del lugar ayuda a saber que prácticas de conservación se deben hacer si son necesarias o no para tener una idea de que tan plano o escarpado este el terreno, entre menos sea la pendiente más plano es y viceversa.

6) Cultivo de café. La finca la Estanzuela cuenta con un área alrededor de 50 hectáreas de cultivo de café bajo sombra, la producción de café en esta finca actualmente es únicamente la obtención de café maduro o robusta (en planta) no se hace beneficiado por cuestiones de falta de agua e instalaciones adecuadas de patio para lavado y secado del café.

Ilustración 64: Área de cultivo de café, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Como se describió anteriormente las condiciones de suelo y de pendiente no son limitantes para este cultivo, el medio ambiente para que el café se desarrolle bien y dé cosechas satisfactorias se genera a partir de la interacción de estos factores es decir el clima el suelo y la planta en sí, además de un buen manejo del cultivo.

El café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2,000 msnm; sin embargo, la mejor zona altitudinal que ofrece las mejores condiciones para un buen café de calidad está entre los 1,200 a 2,000 msnm. La temperatura óptima oscila entre los 19º a 21º C con extremos de 17º a 23º C si se pasa de los 24º C se acelera el crecimiento vegetativo limitando tanto la floración como el llenado de los frutos. La humedad relativa que prevalece en los es del 70 al 95%. La textura del suelo y su profundidad son determinantes, tanto el suelo como el subsuelo deben tener buen drenaje, son preferibles los suelos profundos de color oscuro derivados de ceniza volcánica, ligeramente ácido, rico en nutrientes potasio y materia orgánica.

La topografía para el café consiste principalmente en terrenos de bastante pendiente y se adapta perfectamente; sin embargo, es necesario tener manejo cuidadoso para reducir el proceso de erosión.

a) Metodología del INAB, para determinar la capacidad de uso del suelo en el área del cultivo de café.

- Pendiente:

Cuadro 23: Parámetros de pendientes.

Toma de datos	
Lectura	Valor
1	1%
2	3%
3	2%
4	6%
5	9%
6	8%

Pendiente promedio: 4.83%

Fuente: Elaboración propia.

- Profundidad efectiva

Cuadro 24: Parámetros de profundidad efectiva.

Muestreo	
Lectura	Valor (cm)
1	60
2	55
3	65
4	56

Profundidad efectiva promedio: 60 cm

Fuente: Elaboración propia.

- Pedregosidad:
  - Superficial.
  - No limitante.
  - Interna.
  - No limitante.

- Drenaje:
  - No limitante.

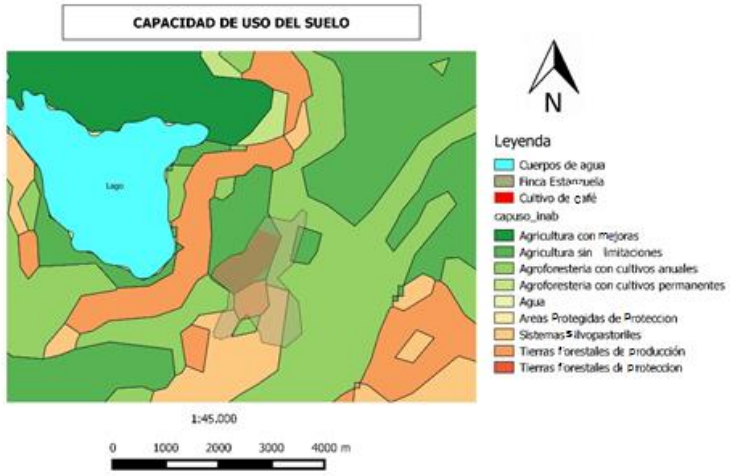
Cuadro 25: Matriz de la capacidad y uso de la tierra para el café.

Profundidad del suelo (cm)	Pendientes %
	<8
50 – 90	A

Fuente: Elaboración propia.

El área destinada al cultivo de café, que posee una pendiente ubicada en el rango <8% según la metodología del INAB, cuenta con una capacidad de uso agrícola sin limitaciones. Lo cual permite un mejor aprovechamiento del terreno y explotarlo al máximo sin provocar riesgo de degradación. Existen factores modificantes que afectan la capacidad de uso y por lo tanto hay que cambiarla, para esta área no existe limitación de drenaje, ni de pedregosidad; tanto interna como superficial, por lo que la capacidad de uso adecuada para este terreno, es la misma propuesta según la matriz. Cuando se habla de agricultura sin limitaciones (A), se refiere a áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo asociados en forma intensiva o extensiva y demandan pocas prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización (INAB, 2002).

Ilustración 65: Mapa de capacidad de uso del suelo, INAB.

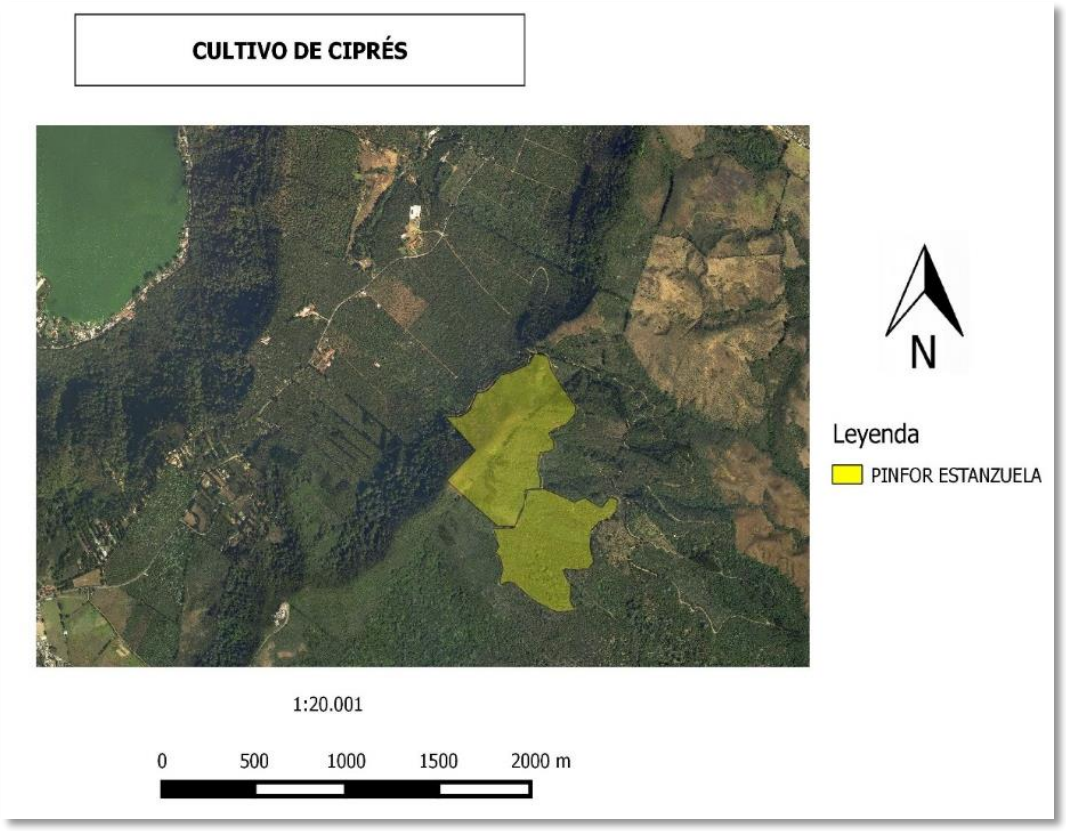


Fuente: Elaboración propia.

Según el mapa de uso actual de este terreno, se le está dando un manejo inadecuado para fines de producción, ya que se está usando para cultivo de café bajo sombra que corresponde a la categoría de agroforestería con cultivos permanentes (Ap). Por lo que no se está aprovechando el recurso suelo en esta área, ya que el terreno puede soportar usos de agricultura utilizando moderadas prácticas de conservación de suelo y agua. Debido a que es un área sin limitaciones en profundidad efectiva del suelo, se puede realizar la siembra de cultivos agrícolas y sacarle mejor provecho.

7) Cultivo de ciprés. La finca la Estanzuela tiene mucho potencial productivo, actualmente cuenta con cultivo de ciprés común como producción maderera. Se tiene una plantación de dos años y otra de ocho años, las cuales ya han sido establecidas en el programa de incentivos forestales del INAB.

Ilustración 66: Áreas de cultivo de ciprés.



Fuente: Elaboración propia.

Como se describió anteriormente las condiciones de suelo y de pendiente no son limitantes para este cultivo, las condiciones ambientales y la altitud que se tienen son las adecuadas para que se desarrolle satisfactoriamente.

Es un árbol muy longevo, de rápido crecimiento y resistente a la sequía, llega a medir de 30 m a 40 m de altura, incluso más. Cuenta con un tronco recto de 1.5 a 2 m de diámetro, corteza rojiza. Es cultivado tanto por su valor ornamental, como por su madera. Además, es un árbol muy utilizado como cerco vivo y cortinas rompe vientos. No es muy exigente en cuanto a suelos, se desarrolla bien en suelos arenosos y escasos de materia orgánica.

a) Metodología del INAB, para determinar la capacidad de uso del suelo en el área del cultivo de ciprés.

- Pendiente:

Cuadro 26: Parámetros de pendientes.

Toma de datos	
Lectura	Valor
1	40%
2	35%

Pendiente promedio: 37.5%

Fuente: Elaboración propia.

- Profundidad efectiva:

Cuadro 27: Parámetros de profundidad efectiva.

Muestreo	
Lectura	Valor (cm)
1	38
2	44

Profundidad efectiva promedio: 41cm

Fuente: Elaboración propia.

- Pedregosidad:
  - Superficial.
  - Moderadamente pedregosa.
  - Interna.
  - No limitante.

- Drenaje:
  - No limitante.

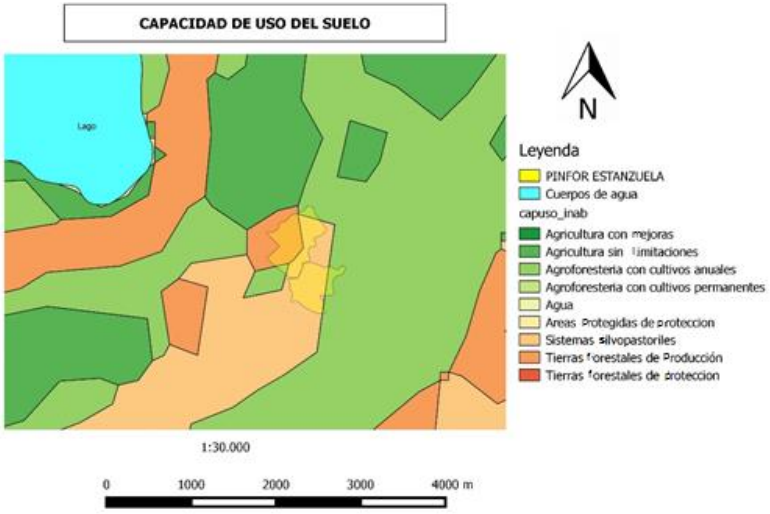
Cuadro 28: Matriz de capacidad y uso de la tierra para el ciprés.

Profundidad del suelo (cm)	Pendiente %
	36-55
20-50	Ap/F

Fuente: Elaboración propia.

Esta área está siendo explotada y usada adecuadamente, ya que por poseer pendientes muy altas y profundidades poco profundas, hace que sea necesario el uso de plantaciones forestales para mantener un uso adecuado, además de esto se puede implementar el asocio con cultivos permanentes, para generar un beneficio económico, en ciertos puntos o lugares de las áreas se puede sembrar pastos, lo que correspondería a un uso de sistemas silvopastoriles donde la pendiente no es tan pronunciada.

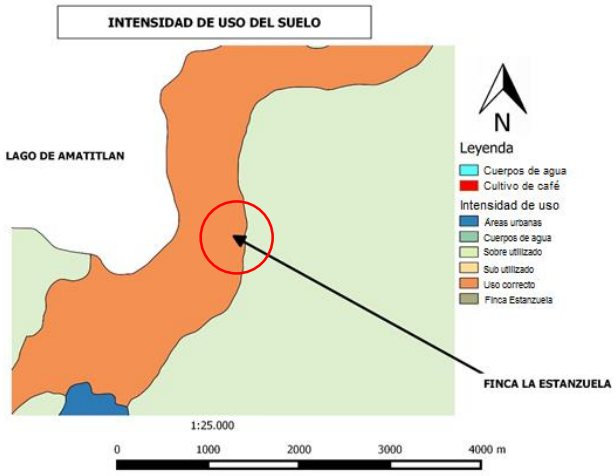
Ilustración 67: Mapa de capacidad de uso del suelo, INAB.



Fuente: Elaboración propia.

Según el mapa de capacidad de uso del suelo el uso que actualmente se le está dando es el adecuado en la plantación de ciprés que tiene ocho años de edad actualmente y la plantación de dos años según el mapa podría utilizarse con sistemas silvopastoriles, es decir se podría sembrar pastos para alimentación de ganado, también de forma combinada con cultivos anuales o especies forestales.

Ilustración 68: Mapa de intensidad de uso del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Según el mapa de intensidad de uso del suelo el uso que actualmente se le está dando es correcto, es decir no se está explotando el suelo más de su capacidad aunque el uso no es el óptimo en cuanto a fines de aprovechamiento, el uso está bien aunque no es el deseado. La clasificación preliminar de regiones fisiográficas por medio del mapa de pendientes y de profundidades es de gran importancia debido a que por medio de este se tiene una clasificación útil para toma de decisiones en el campo agrícola y forestal.

El uso actual del terreno no es el óptimo por lo que se puede decir que se le está dando una intensidad de uso baja, sub utilizado. No hay peligro de erosión ni deslaves ya que es una pendiente plana ni contaminación de ningún tipo y como se mencionó anteriormente tiene beneficios ambientales este tipo de cultivo aunque sean tierras aptas para otro uso podría seguirse dando el uso sostenido actual asociado con cultivos anuales. Según el mapa de intensidad de uso del suelo, se le está dando un uso correcto es decir no se excede de la capacidad de soporte del suelo y tampoco se está sub utilizando.

Se caracterizaron las áreas de producción según la capacidad de uso del suelo, en el cultivo de café se determinó que es un suelo con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren prácticas intensivas de conservación de suelos, en el cultivo de ciprés se determinó que el área tiene limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento, en la otra área hay limitaciones de profundidad, de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas.

Los cultivos asociados y la rotación de cultivos equilibran las exigencias mutuas de las plantas, permiten el uso óptimo del suelo y del espacio y reducen los ataques de plagas o enfermedades, disminuyendo así los riesgos de una mala cosecha. La integración de árboles en el sistema de cultivos reduce el consumo de agua en épocas de sequía y crea un microclima favorable, los árboles mejoran el abastecimiento de las plantas con sustancias nutritivas y contribuyen a la protección contra la erosión, además que se pueden obtener beneficios adicionales como leña, madera, forraje y frutas por ejemplo.

5. Inventario forestal de aprovechamiento. Previo a tomar decisiones sobre la planificación del manejo forestal de plantaciones forestales y de bosques naturales, es necesario contar con información confiable, que facilite la toma de decisiones para que el bosque produzca la máxima cantidad de productos de la mejor calidad, en el menor tiempo y al más bajo costo posible.

El término inventario forestal ha sido utilizado en el pasado como sinónimo de procedimiento para estimar recursos leñosos contenidos en un bosque, la literatura clásica lo define como un procedimiento que permite eficientemente recopilar información sobre la localización, cantidad, calidad, crecimiento y persistencia de un bosque, con el propósito de planificar aceradamente su manejo, de tal manera que su producción se base en el rendimiento sostenido.

El área cultivada con ciprés se encuentra inscrita en el plan de incentivos forestales del INAB por lo que se cuenta con los datos de la plantación, según la información proporcionada corresponde a un inventario por muestreo aleatorio, es decir que las muestras de donde se extrajo la información del diámetro y altura de los árboles fue seleccionada aleatoriamente y el grado de precisión según el error de muestreo corresponde a un inventario detallado es decir que el error de muestreo oscila entre el 5% y el 10% por lo tanto se puede decir que se cuenta con información muy confiable para realizar el pronóstico de crecimiento de la plantación.

El tipo de información a recopilar o el énfasis que debe ponerse en un determinado inventario, depende de los objetivos del mismo, en este caso es para un plan de aprovechamiento forestal por lo tanto la recolecta de información debe ser lo más exacta posible, es decir con el mínimo error.

La determinación del volumen es, obviamente el resultado más importante del inventario, sin embargo es importante reconocer que está más sujeto a los errores de medición. Los resultados de volumen deben servir para decidir sobre el orden cronológico de áreas de aprovechamiento y para dar una idea del volumen aprovechable en el presente.

a. Estudios de crecimiento. Aunque los datos del inventario no proporcionan información sobre tasas de crecimiento, los resultados de crecimientos son importantes desde el punto de vista económico y pueden ser una manera de cálculo del DMC; es decir, se puede determinar cuando el incremento diamétrico medio anual se aumente. Alder (1992) describió un método simple usando una hoja electrónica para calcular el DMC aumentado para lo cual se debe contar con los datos de crecimiento de por lo menos 20 árboles y de por lo menos cinco años de registro.

b. Determinación del diámetro mínimo de corta. Contrario a las creencias, la ley forestal no especifica el diámetro mínimo de corta (DMC) para ninguna especie forestal; sin embargo, hace mención de:

<< el plan de manejo será el instrumento fundamental del control de aprovechamiento>> por lo que el DMC es decisión del técnico.

c. Determinación de la corta permisible. Es necesario determinar cuántos árboles o volumen de madera se podría aprovechar, en cuantos años se debe realizar el ciclo de corta, para una producción sostenible es importante evaluar qué efecto tendrá el nivel de aprovechamiento presente (corta permisible) sobre las futuras cosechas dado el número de años en el ciclo de corta. El método más sencillo para estimar la corta permisible y el efecto del ciclo de corta es el uso del tiempo medio de paso (TMP), que es el número de años necesarios que un árbol crezca desde el inicio de una clase diamétrica al inicio de la próxima clase mayor, es decir se ve la diferencia de crecimiento en diámetro de un árbol en un año. Las desventajas de este método son:

- Asume que todos los árboles en una clase dada están creciendo igual al promedio.
- No toma en cuenta el error de la estimación del incremento promedio (Bragg y Henry 1983).

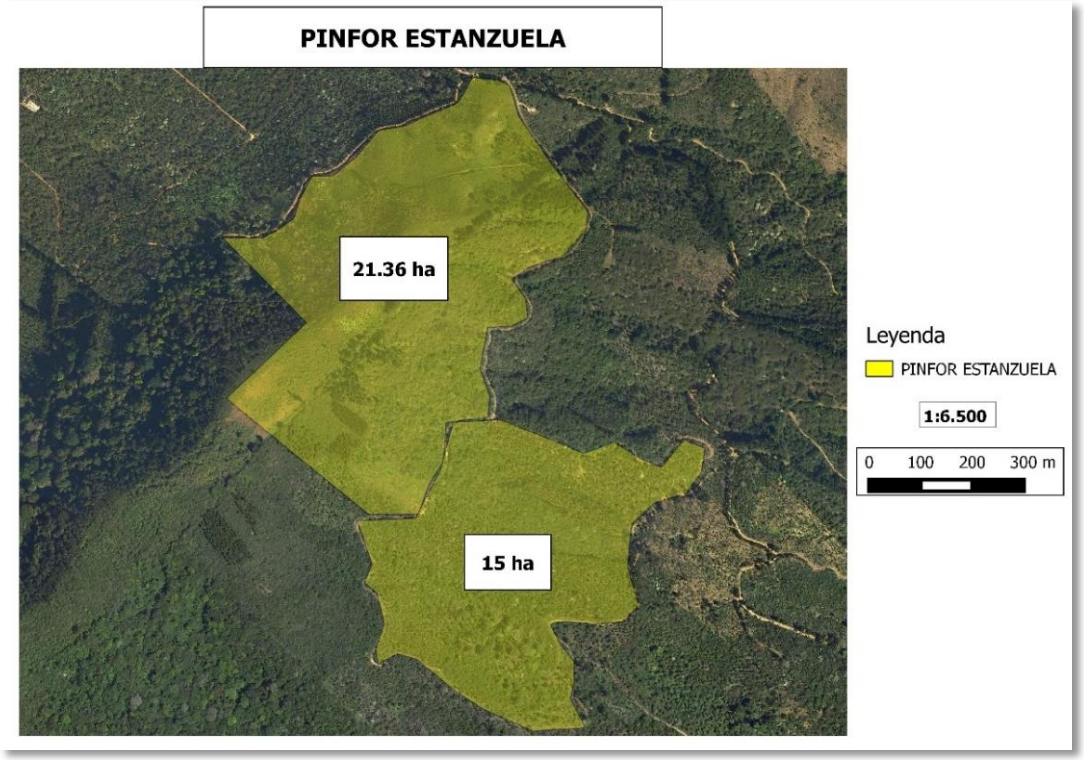
Para calcular el TMP se necesita:

- Ciclo de corta en años.
- Tasa de incremento diamétrico de los árboles.

Una estimación de la tasa de incremento dimétrico es de suma importancia en la planificación de la corta permisible, es necesario distinguir entre los términos aplicados comúnmente. El incremento periódico anual (IPA) se refiere al promedio de las tasa de crecimiento en un tiempo determinado, usualmente se emplea con parcelas permanentes de muestreo, cuando la edad del bosque es desconocida. Otra forma es por medio del incremento medio anual (IMA) que es el incremento total dividido por la edad del árbol. La decisión sobre la duración del ciclo de corta se determina en función de las tasas de crecimiento de las especies a manejar, la abundancia de dichas especies y los factores socioeconómicos de los usuarios del recurso. Considerando solamente aspectos económicos un ciclo de corta de pocos años saldría más rentable si al principio se invirtió en infraestructura, desde el punto de vista ecológico serian preferibles aprovechamientos ligeros, pero más frecuentes (Alder 1992)

En la finca la Estanzuela se tienen dos plantaciones de ciprés común inscritas en el INAB, en el programa de PINFOR, plan de incentivos forestales, una es de 21.36 ha de ocho años de crecimiento y la otra de aproximadamente 15 ha, de un año de crecimiento.

Ilustración 69: Áreas inscritas en el PINFOR, finca la Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Se hicieron visitas al INAB donde se proporcionaron los datos de crecimiento de la plantación de ciprés de la finca la Estanzuela del área de 21.36 ha que es la que ya culminó el compromiso con el INAB, de la otra área aún no se tienen datos. Luego se procesó la información obtenida en campo a través del programa Excel en el cual se hicieron los cálculos para obtener área basal por hectárea como volumen por hectárea y el área basal y también el volumen, se generó una fórmula a través de análisis de regresión proporcionada por el INAB para calcular el volumen de los árboles.

Como se puede observar en la cuadro, se tienen 11 plantas, de las cuales se obtuvieron sus respectivos diámetros en un muestreo por año. Estas plantas fueron elegidas aleatoriamente en toda la plantación de una muestra de 200 árboles. Claramente se puede ver que cada año el diámetro aumenta, esto debido al crecimiento de cada árbol. También se pueden apreciar cambios repentinos en las medidas, esto por el tipo de muestreo aleatorio.

Cuadro 29: Diámetro a la altura del pecho.

DAP(cm)					
Año/ No. árbol	1	2	3	4	5
1	3	3,2	5,2	4,8	12
2	2,5	3,5	5	4,2	11,5
3	2,8	3	5	3,8	10,5
4	3	2,8	4,8	3,5	11
5	3	3	5	3,2	10
6	3	3	5	9,5	14
7	3	3	3,2	9,8	14,5
8	3	3	3	9,2	14
9	2,8	3	4,5	10,1	14
10	3	2,5	4,5	9,6	15
11	3	2,8	4,5	6,77	12,65

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se procedió a calcular la diferencia de crecimiento de un año a otro, para saber cuándo creció de diámetro. Luego, se hizo un promedio conocido como incremento medio anual, (IMA).

Cuadro 30: Diámetro a la altura del pecho.

Incremento anual (cm)				DAP
1 A 2	2 A 3	3 A 4	4 A 5	IMA (cm)
0,2	2	-0,4	7,2	2,25
1	1,5	-0,8	7,3	2,25
0,2	2	-1,2	6,7	1,925
-0,2	2	-1,3	7,5	2
0	2	-1,8	6,8	1,75
0	2	4,5	4,5	2,75
0	0,2	6,6	4,7	2,875
0	0	6,2	4,8	2,75
0,2	1,5	5,6	3,9	2,8
-0,5	2	5,1	5,4	3
-0,2	1,7	2,27	5,88	2,4125

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el cuadro, se hizo el cálculo del dato del año siguiente menos el año anterior y se obtuvo la diferencia de incremento por año. Luego se hizo un promedio de incremento anual y se obtuvo el IMA. De la misma manera que el diámetro, se calculó para la altura de los árboles.

Cuadro 31: Altura de árboles.

H (m)				
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1,5	1,8	5,2	4,8	6,5
1,5	1,8	5	4,2	6,5
1,7	1,5	5	3,8	5
1,4	1,5	4,8	3,5	5,5
1,5	1,5	5	3,2	5
1,6	1,6	5	9,5	7
1,6	1,6	3,2	9,8	7,5
1,7	1,8	3	9,2	7
1,5	1,8	4,5	10,1	6,5
1,5	1,5	4,5	9,6	7
1,5	1,5	4,5	6,77	6,35

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32: Incremento medio anual.

Incremento anual (m)				
1 A 2	2 A 3	3 A 4	4 A 5	IMA
0,3	3,4	-0,4	1,7	1,25
0,3	3,2	-0,8	2,3	1,25
-0,2	3,5	-1,2	1,2	0,825
0,1	3,3	-1,3	2	1,025
0	3,5	-1,8	1,8	0,875
0	3,4	4,5	-2,5	1,35
0	1,6	6,6	-2,3	1,475
0,1	1,2	6,2	-2,2	1,325
0,3	2,7	5,6	-3,6	1,25
0	3	5,1	-2,6	1,375
0	3	2,27	-0,42	1,2125

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de volumen en bosques de coníferas, específicamente el pino de Petén *Pinus caribaea* (Peters, Roland. 1977), se desarrollaron varias ecuaciones para estimar el volumen total y de esa manera se obtuvieron fórmulas estimadas para varias especies. Sin embargo, para el ciprés no existe una fórmula específica para el cálculo de volumen; por lo que se tomó la decisión de utilizar la fórmula utilizada para otras especies en general. Dicha ecuación se muestra a continuación:

$$V= 0.108337266 + 0.000046499 (D^2H)$$

Donde:

- V= volumen (m^3).
- D= diámetro con corteza (cm).
- H= altura (m).

Cuadro 33: Volumen en m^3 por hectárea.

Plantas/ha	H (m) 5 años	Vol. (m^3) 5 años	Vol. (m^3)/ha
1.000	6,5	0,15	151,86
700	6,5	0,15	103,82
1.100	5	0,13	147,37
1.100	5,5	0,14	153,21
1.000	5	0,13	131,59
900	7	0,17	154,92
1.100	7,5	0,18	199,83
1.000	7	0,17	172,13
700	6,5	0,17	117,30
1.100	7	0,18	199,73
1.100	6,35	0,16	171,15
Promedio 982	6,35	0,16	154,81
Volumen	Total	21.36 ha	3306,73

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro se tiene el cálculo del número de plantas por hectárea de los diferentes puntos de muestreo, la altura y diámetro de los árboles al quinto año que es la que interesa para poder determinar el volumen de madera en m^3. Sin embargo, lo que se quiere hacer es un pronóstico del volumen que se obtendrá en el futuro, 10, 15 y 25 años para lo cual se hace la estimación por medio del IMA multiplicado por el número de años a futuro más el valor del diámetro y altura al quinto año.

DAP (cm) = (IMA*n)+DAP (5to año)

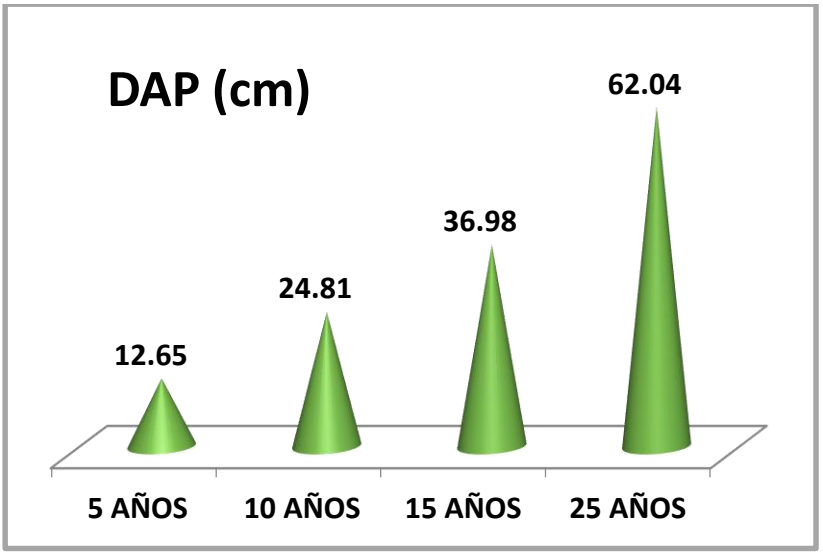
n= número de años

Cuadro 34: Proyección de DAP a 10, 15 y 25 años.

DAP (cm) a 5 años	DAP (cm) a 10 años	DAP (cm) a 15 años	DAP (cm) a 25 años
12	23,25	34,5	58,125
11,5	22,75	34	56,875
10,5	20,13	29,75	50,3125
11	21,00	31	52,5
10	18,75	27,5	46,875
14	27,75	41,5	69,375
14,5	28,88	43,25	72,1875
14	27,75	41,5	69,375
14	28,00	42	70
15	30,00	45	75
12,65	24,71	36,775	61,78125

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 70: Crecimiento en diámetro de los árboles de ciprés.



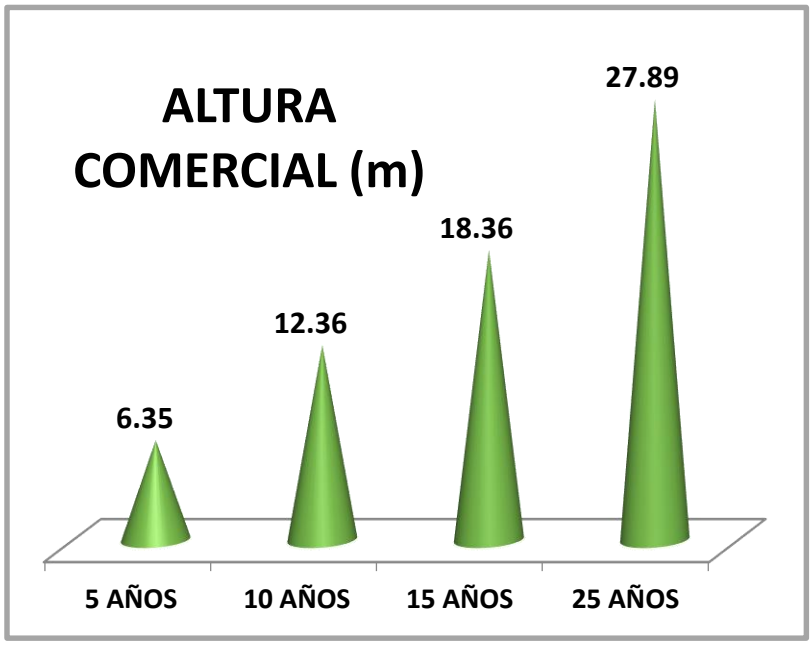
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35: Proyección de altura a 10, 15 y 25 años.

H (m) a 5 años	H (m) a 10 años	H (m) a 15 años	H (m) a 25 años
6,5	12,75	19	31,88
6,5	12,75	19	31,88
5	9,125	13,25	22,81
5,5	10,625	15,75	26,56
5	9,375	13,75	23,44
7	13,75	20,5	34,38
7,5	14,875	22,25	37,19
7	13,625	20,25	34,06
6,5	12,75	19	31,88
7	13,875	20,75	34,69
6,35	12,4125	18,475	31,03

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 71: Crecimiento en altura comercial de los árboles de ciprés.



Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de proyección según la guía de cubicación, cuantificación y transporte de la madera proporcionada por el INAB, se utilizó la siguiente fórmula:

H (m)= (IMA*n)+h (5to año)

n= número de años

Cuadro 36: Proyección del volumen en m^3 a 10 años.

DAP (cm) a 10 años	H (m) a 10 años	Vol. (m^3) 10 años	Plantas/ha	Vol. (m^3)/ha
23,25	12,75	0,43	1.000	428,82
22,75	12,75	0,42	700	290,63
20,13	9,13	0,28	1.100	308,21
21,00	10,63	0,33	1.100	358,84
18,75	9,38	0,26	1.000	261,59
27,75	13,75	0,60	900	540,62
28,88	14,88	0,69	1.100	753,53
27,75	13,63	0,60	1.000	596,21
28,00	12,75	0,57	700	401,20
30,00	13,88	0,69	1.100	757,89
24,71	12,41	0,46	1.100	506,90
Promedio 24,81	12,36	0,48	982	473,13
	Volumen	Total	21.36 ha	10106,05

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro, a los 10 años se obtendrá un volumen de 10,106 m^3 en las 21.36 ha que se tienen sembradas a una densidad promedio de 982 árboles/hectárea. A esta edad es recomendable hacer un raleo del 50%. Los raleos son cortas intermedias que se realizan en los bosques antes de llegar a su edad de cortabilidad comercial o natural. Un aclareo sirve para estimular el crecimiento principalmente en los árboles prometedores (los de las mejores características), mejorar la calidad de los que quedan, mejorar la constitución fenotípica del bosque y mejorar el estado fitosanitario.

Cuadro 37: Volumen de extracción en m^3 a los10 años.

Vol. (m^3) 10 años	Plantas/ha	Vol. (m^3)/ha
0,43	500	214,41
0,42	350	145,31
0,28	550	154,10
0,33	550	179,42
0,26	500	130,80
0,60	450	270,31
0,69	550	376,77
0,60	500	298,10
0,57	350	200,60
0,69	550	378,95
0,46	550	253,45
Promedio	491	236,56
Volumen	de extracción 21.36 ha	5053,03

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro, se obtiene una extracción del 50% de la plantación dejando una densidad promedio de 491 árboles/hectárea, obteniendo un volumen de 5053 m^3 de madera; sin embargo, considerando un 70% de eficiencia se obtendrán 3,537 m^3 equivalente a 1, 499,738 pies tablares. No obstante, por la edad de los árboles y con 24 cm de diámetro en promedio se considera que esta extracción podría ser utilizada para leña y postes, *etc*. Para la venta obteniendo así provecho para la finca. El segundo raleo se recomienda hacer a los 15 años, 150 árboles/hectárea escogiendo los árboles menos deseados; es decir, los que fenotípicamente se vean afectados, torcidos más que todo.

Cuadro 38: Volumen de extracción en m^3 a los 15 años.

DAP (cm) a 15 años	H (m) a 15 años	Vol. (m^3) 15 años	Vol. (m^3)/ha
34,5	19	1,16	580
34	19	1,13	395
29,75	13,25	0,65	359
31	15,75	0,81	447
27,5	13,75	0,59	296
41,5	20,5	1,75	788
43,25	22,25	2,04	1124
41,5	20,25	1,73	865
42	19	1,67	583
45	20,75	2,06	1134
36,775	18,475	1,27	699
Promedio 36,98	18,36	1,35	661
	Árboles a cortar	150 árboles/ha	203
	Volumen total	21.36 ha	4331
		Eficiencia 70%	3032

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, se plasma un raleo cuantitativo, ya que específicamente se sacan 150 árboles/hectárea para que la plantación siga su normal crecimiento y desarrollo. Se obtendrá un volumen de extracción de 3032 m^3 de madera.

Cuadro 39: Volumen comercial de extracción en m^3 a los 15 años.

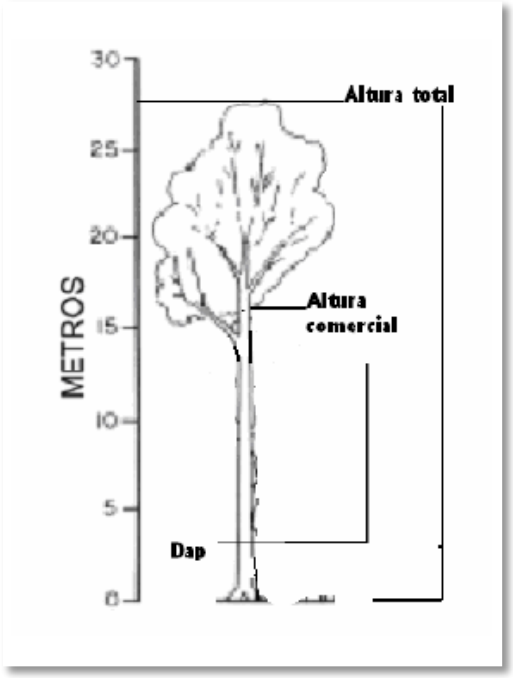
DAP (cm) a 15 años	H (m) a 15 años	Vol. (m^3) 15 años	Vol. (m^3)/ha (150)
Promedio 36,98	Altura comercial 16,86	1,18	177,07
	Volumen total	21.36 ha	3782,31
		70% eficiencia	2647.8

Fuente: Elaboración propia.

$1m^3$ son 424 pies tablares, lo equivalente a 673,554 pies tablares considerando un 60% de eficiencia al obtener los pies tablares de la troza para hacerla madera aserrada. El precio de un pie tablar en el mercado es de Q 2.40 por lo que se obtendría un ingreso de Q 1, 616,529.60.

Es necesario resaltar que para la extracción hay que contemplar una altura comercial, la cual según la guía de cubicación y transporte de la madera proporcionada por el INAB varía dependiendo de la edad de los árboles.

Ilustración 72: Medición de árboles en pie.



Fuente: INAB.

Por lo tanto, como se puede apreciar en la imagen, la altura total es hasta donde termina la copa del árbol y la altura comercial es hasta donde se aprovecha la madera, por lo tanto para un árbol de 15 años de edad se estiman dos metros de diferencia entre la altura total y la altura comercial obteniendo así una altura promedio de 16.86 m.

Por último, se tiene la corta final que es la de aprovechamiento a los 25 años. El ciprés es un árbol longevo y puede llegar alcanzar 30 a 40 m de altura. Sin embargo, el crecimiento a partir de los 25 años se vuelve lento, es por ello que comercialmente se espera una extracción final del bosque a los 25 años considerando tres metros de diferencia en la altura total. Esto con el objetivo de obtener así una altura comercial y de esa manera hacer el cálculo de volumen a cosechar con un 70% de eficiencia al cortar los árboles, hacerlos cilindros y trozas. Un 60% de eficiencia al obtener los pies tablares. Esta eficiencia se consideran ramas, lepas y nudos.

Cuadro 40: Volumen comercial de extracción final en m^3 a los 25 años.

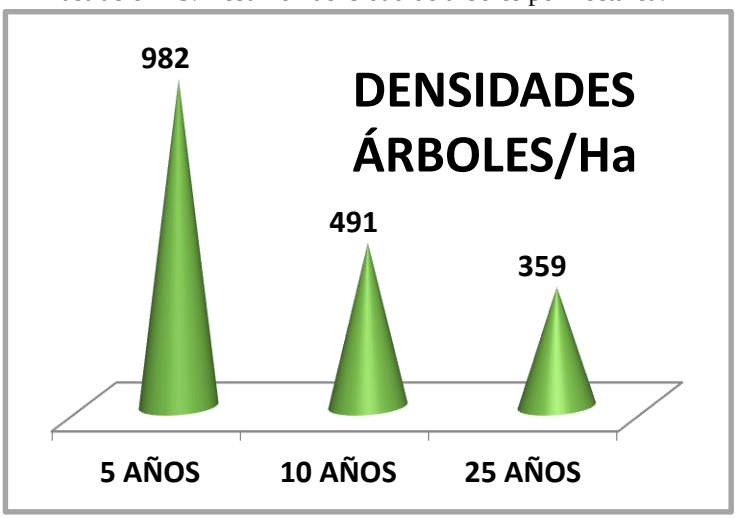
DAP (cm) a 25 años	H (m) a 25 años	Vol. (m^3) 25 años	Arb./ha a 25 años	Vol. (m^3) 25 años
58,13	28,88	2,36	350	826,63
56,88	28,88	2,31	200	462,67
50,31	19,81	1,03	400	410,67
52,50	23,56	1,46	400	585,47
46,88	20,44	1,02	350	356,56
69,38	31,38	3,28	300	985,16
72,19	34,19	4,03	400	1612,61
69,38	31,06	3,22	350	1127,32
70,00	28,88	2,82	400	1128,87
75,00	31,69	3,61	400	1444,02
61,78	28,03	2,37	400	946,25
Promedio 62,04	27,89	2,50	359	898,75
		Volumen total	21.36 ha	19197,25
			Eficiencia 70%	13438,07

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro se tiene un volumen de extracción total de 13,438 m^3 de madera de cosecha. Un metro cúbico aproximadamente son 424 pies tablares, considerando un 60% de eficiencia en el corte de los cilindros, se obtienen 3, 418,646 pies tablares, para un precio de venta de Q 2.40 el pie tablar según la tabla de índice de precios del INAB se esperaría un ingreso de Q 8, 205,230.40.

Se realizó el inventario de aprovechamiento para el cultivo de ciprés en la finca la Estanzuela, haciendo la propuesta de realizar una extracción del 50% de la plantación a los 10 años de edad, luego hacer una extracción de 150 árboles por hectárea a los 15 años y hacer una corta final a los 25 años. Las densidades a trabajar para esta propuesta son las siguientes:

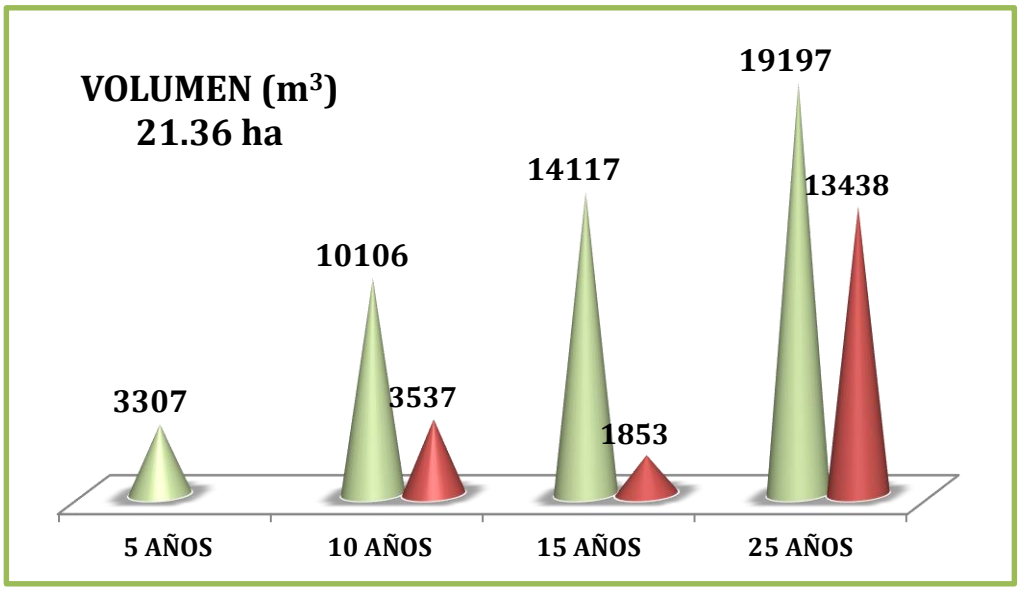
Ilustración 73: Resumen densidad de árboles por hectárea.



Fuente: Elaboración propia.

Los volúmenes de extracción proyectados son de:

Ilustración 74: Resumen volumen en m^3 de madera.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica los volúmenes representados por los conos de color verde corresponde al valor teórico y los que están de color rojo corresponde al volumen teórico de extracción comercial. Para obtener los volúmenes de producción esperados, es necesario realizar las prácticas de manejo de cultivo tal y como se describen en el plan de manejo proporcionado por el INAB.

6. Reservas naturales privadas. En Guatemala, alrededor del año 1995 surgieron iniciativas para apoyar la conservación de recursos naturales en tierras privadas. Esto debido a que en propiedades privadas se tenían áreas de terrenos, aparentemente ociosos, pero con cantidades significativas de bosque natural útil como reserva de agua, madera y material de construcción, así como refugios de flora y fauna silvestre.

En 1998 un grupo de seis propietarios de "Reservas Naturales Privadas", cafetaleros, conformaron la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG) con el fin de conservar la biodiversidad y buscar el cumplimiento de ese propósito común. Se le denomina como nodo al grupo de propietarios unidos con el fin común de soluciones mutuas, conservación y búsqueda de oportunidades. Esta gran iniciativa despertó el interés en muchos propietarios con la misma situación, ya que se han reportado 75 reservas naturales privadas (RNP) registradas en Guatemala; algunas como áreas protegidas y otras como corredores biológicos. Estas reservas ocupan un área de aproximadamente 21,607 hectáreas y representan 10 de las 14 zonas de vida según el sistema de clasificación de Holdrige. (Beavers y Molina, 2003).

Ilustración 75: Distribución de las reservas naturales privadas en Guatemala.



Fuente: ARNPG, 2003.

La Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala es una organización no gubernamental, no religiosa, sin fines de lucro, que se centra en fomentar el uso adecuado de los recursos naturales de Guatemala promoviendo el desarrollo sostenible de la biodiversidad de tierras privadas. Su principal objetivo es contribuir a la conservación, mediante un manejo adecuado, desarrollo sostenible y amigable con el ambiente. La ARNPG trabaja de la mano de The Nature Concervancy desde el 2007, por medio de la declaración de reservas naturales privadas en la CVC, que es la Cadena Volcánica Central integrada por los volcanes de Fuego, Acatenango, Agua y Pacaya que incluyen a los departamentos de Sacatepequez, Guatemala, Chimaltenango y el norte de Escuintla. La CVC es un área biológicamente rica, fisiográficamente diversa con especies de importancia nacional e internacional, como el pavo de cacho, venados, tigrillos, el quetzal el chipe de cachetes amarillos el coche de monte, orquídeas, helechos hongos comestibles, tilansias y árboles de importancia comercial.

Para lograr la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales en Guatemala, es fundamental la participación de los propietarios de tierras privadas, representados por pequeños, medianos y grandes propietarios, así como de cooperativas, comunidades indígenas y ONG's propietarias de tierras bajo conservación y manejo. La Asociación es un foro líder, autónomo y descentralizado, que representa la mayor diversidad de ecosistemas y de propietarios de reservas privadas. Las reservas naturales privadas individuales o comunitarias como lo indica la ARNPG, son áreas de propiedad de personas individuales, jurídicamente particulares que los propietarios destinan voluntariamente y por el tiempo que estimen.

Según el reglamento de ley de áreas protegidas, las áreas protegidas para su óptima administración, avalada por un plan de desarrollo aprobado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y manejo se clasifican en: parques nacionales, biotopos, reservas de la biósfera, reservas de uso múltiple, reservas forestales, reservas biológicas, manantiales, reservas de recursos, monumentos naturales, monumentos culturales, rutas y vías escénicas, parques marinos, parques regionales, parques históricos, refugios de vida silvestre, áreas naturales recreativas, reservas naturales privadas y otras que se establezcan en el futuro con fines similares, las cuales integran el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. La principal diferencia con todo el resto de categorías de manejo, es que las reservas privadas son propiedad de una persona individual y no del Estado, y que esta persona decide la forma o manera de manejar su reserva.

Internacionalmente se acepta que las áreas protegidas, tomando en consideración todas las categorías de manejo, generan y facilitan una serie de bienes y servicios, que son de interés y de valor para la sociedad. Según Godoy 2004, dentro de estas se pueden mencionar las reservas naturales privadas que pueden cumplir con producir algunos de los siguientes beneficios:

- Protección de hábitats y especies endémicas.
- Retención de nutrientes en los diferentes ciclos del suelo.
- Control de inundaciones y prevención a desastres naturales.
- Fijación de carbono.
- Recarga hídrica y producción de agua.
- Pastoreo, pesca y cosecha de vida silvestre.
- Leña y madera sostenible para llenar necesidades básicas de vivienda.
- Paisaje, turismo receptivo y recreación popular.
- Educación pública.
- Investigación básica e información de futuro.
- Protección del patrimonio cultural.
- Valores comunitarios y espirituales.

Los diferentes actores que se esfuerzan por proteger los valiosos remanentes de biodiversidad y patrimonio cultural en estas áreas de reserva natural, se enfrentan a su acelerada y constante pérdida. Esto se debe principalmente a cambios en el uso del suelo, por ejemplo de bosque a uso agrícola que se conoce como avance de la frontera agrícola, cultivos comerciales, ganadería, áreas urbanas u otros; extracción ilegal de los recursos, deforestación e invasiones ilegales (Beavers y Molina, 2003). Por estas razones el INAB, ha creado un plan de incentivos de inscripción de bosques naturales, ya sea de protección o de reserva natural, bosque natural.

Cuadro 41: Monto de incentivos forestales para bosques naturales.

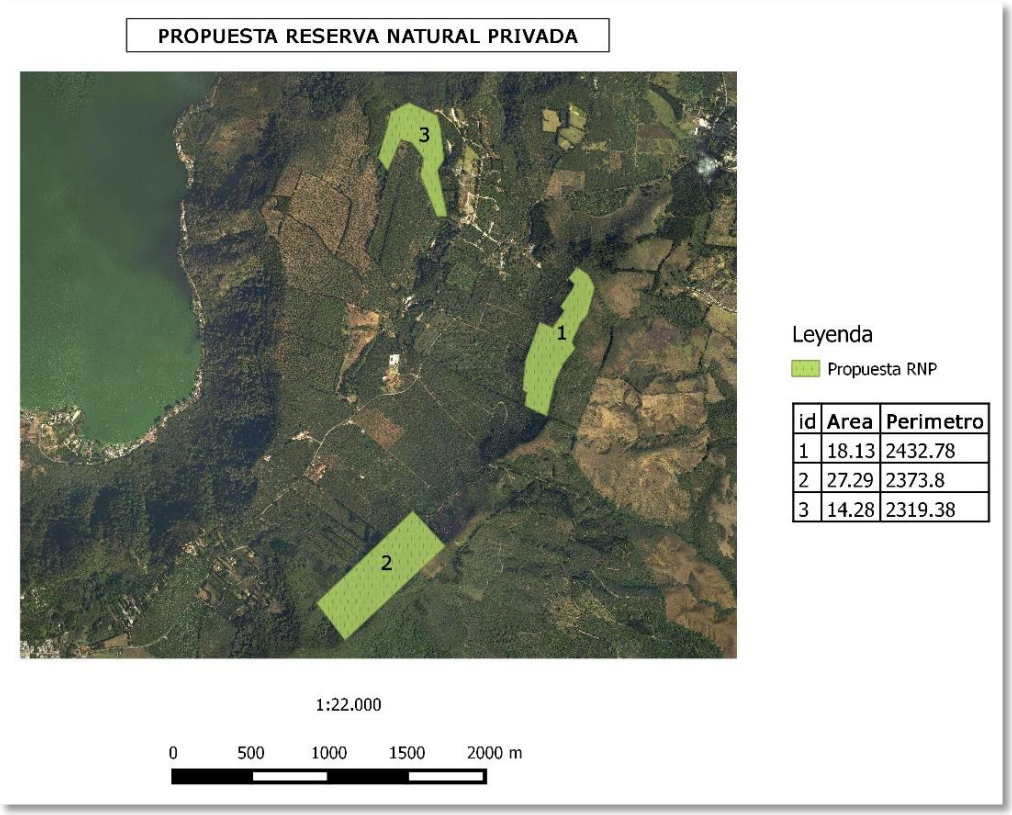
Área	Monto propuesto (Q)
2 a 15	Q. 134/ha
15 a 45	Q. 2,010 por las primeras 15 ha. + q. 81/ha adicional hasta 45
45 a 90	Q. 4,440 por las primeras 45 ha. + q. 66/ha adicional hasta 90
90 a 450	Q. 7,410 por las primeras 90 ha. + q. 55/ha adicional hasta 450
> 450	Q. 27,210 por las primeras 450 ha. + q. 55/ha adicional

* 1 US$ = Q 7.65

Fuente: INAB.

Como se había descrito con anterioridad, el INAB proporciona incentivos por conservar un bosque natural. En este caso, considerando el complejo de fincas se hizo el reconocimiento de tres áreas representativas con mucho potencial para las cuales se hace la propuesta de establecerlas como reserva natural privada.

Ilustración 76: Áreas de propuesta para reservas naturales privadas.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el mapa las tres regiones son áreas de bosque virgen, según como lo define la FAO:

<<Bosque natural: los bosques naturales son bosques compuestos por árboles autóctonos, no plantados por el hombre. >> En otras palabras, son bosques que excluyen las plantaciones o reforestaciones.

El área total es aproximadamente de 59.7 ha, lo cual representa un incentivo de Q 4,440.00 por las primeras 45 ha y el las restantes 14.7 ha representan un incentivo adicional de Q 970.20 haciendo un total Q 5,410.20. Esto al inscribir las áreas como bosques naturales en el plan de incentivos proporcionado por el INAB.

Como se menciona que es un bosque virgen, es necesario definir este término, para esto la FAO hace la clasificación en cuanto a la intervención humana. En 1998 estableció que un bosque natural no perturbado por el hombre es uno que muestra las dinámicas naturales del bosque, como composición natural de especies, madera muerta, estructura natural de acuerdo a su edad y procesos de regeneración naturales. El área debe ser lo suficientemente grande como para mantener sus características naturales y no se debe conocer la ocurrencia de intervenciones humanas o la última intervención humana significante debe haber sido hace suficiente tiempo para permitir que las especies y procesos naturales se haya restablecido (FAO, 2003).

Además de la definición de FAO, internacionalmente se llegó al acuerdo de llamar a un bosque no intervenido como bosque primario y lo definen como un bosque que nunca ha sido aprovechado y se ha desarrollado siguiendo disturbios naturales y procesos naturales, independientemente de su edad. En los bosques primarios también se incluyen bosques que son usados sin causar alteraciones por comunidades nativas que viven estilos de vida tradicionales, lo cual es relevante en la conservación y sustentabilidad de la diversidad biológica. En gran parte de Europa los bosques primarios se definen con un concepto diferente y se refiere a un área de bosque que ha estado arbolada por lo menos durante los últimos 100 años. Esto no ha sido aclarado completamente o cambiado a otro uso de la tierra (FAO, 2003).

<<En realidad, se carece hasta ahora de un sistema de clasificación forestal que tenga aceptación general. No solo existe una gran diversidad de esquemas de clasificación, sino lo que es peor, también en cuanto a la nomenclatura reina una gran confusión; ambas cosas conducen con frecuencia a malentendidos y a interpretaciones erróneas>> (Lamprecht, 1990).

Es necesario que un sistema de clasificación permita la asignación de un determinado bosque a una u otra formación forestal, para dar una idea general respecto a su estructura y su composición. Para que sirva como base para el manejo forestal sostenible, se requieren informaciones específicas, por ejemplo sobre las especies de árboles, arbustos, vegetación en general, su proporción y distribución *etc*. Es necesario que los criterios de clasificación sean claros y que puedan aplicarse objetivamente (FAO, 1998).

1) Reconocimiento del bosque. En el reconocimiento de campo se encontraron algunas de las siguientes especies.

Cuadro 42: Descripción de la vegetación herbácea.

Nombre común	Nombre científico
Enredadera	*Ipomoea Spp.*
Pega	*Desmodium Spp.*
Pasto Jaragua	*Lantana Cámara*
Santa María	*Brachyaria Ruziziensis*
Zarza	*Mimosa Púdica*
Oreja de coche	*Pseudoelphantopus Spp.*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 43: Descripción de la vegetación arbórea.

Nombre común	Nombre científico
Caulote	*Guazuma Ulmifolia*
Limón	*Citrus Limonium*
Naranja	*Citrus Aurantium*
Palo Jiote	*Bursera Simaruba*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44: Mamíferos más comunes predominantes en la zona.

Nombre común	Nombre científico
Tepezcuintle	*Aguti Paca*
Venado	*Odocoileus Virginianus*
Ardilla	*Sciurus Griseoflavos*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 45: Reptiles más comunes predominantes en la zona.

Nombre común	Nombre científico
Barba amarilla	*Bothrops Asper*
Chichicua	*Spilotes Pullatus*
Mazacuata	*Boa Constrictor Imperial*
Iguana	*Iguana*

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los cuadros, el tipo de vegetación herbácea y arbórea, es lo que se puede apreciar dentro de estas áreas de bosque natural. La forma en que se aprecia el lugar es de un bosque con enredaderas, en algunas partes lianas, los terrenos con pendiente muy alta y suelos rocosos no aptos para ningún tipo de cultivo o plantación. Por lo tanto, sí se cumple con la descripción de un bosque ya que se distinguen las siguientes características: numerosas especies de árboles y arbustos de todas las edades, una cantidad aun mayor de otras especies vegetales, tanto en el suelo como sobre los propios árboles y arbustos

(helechos, trepadoras, epifitas, parásitas, *etc*.), enorme variedad de especies de fauna. A continuación se muestran imágenes para dar una mejor idea de las áreas.

Ilustración 77: RNP 3, finca el Recreo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 78: RNP 1, finca Estanzuela.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 79: RNP 3, finca el Recreo.



Fuente: Elaboración propia.

Además de los incentivos que se pueden adquirir por el INAB, la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala de la mano con The Nature Concervancy, ofrecen los servicios de manejo de reservas naturales privadas; en forma de membresías, según el objetivo que se persiga el dueño. De acuerdo a la que se quiera obtener incluyen: reconocimiento legal de conservación de recursos naturales de la reserva privada ante CONAP, certificado de la RNP, participación en diversos eventos de capacitación, asistencia técnica, servicios de rotulación información sobre donantes para eco-proyectos, divulgación de la RNP´s, promoción de artesanías y productos naturales de la RNP, acceso a incorporar información de la RNP en la pág. web de la asociación, boletín informativo, información sobre algunos incentivos de conservación paquetes especiales para apoyo a estudiantes en giras eco-educativas, alianza institucional para la elaboración de proyectos, descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s, certificado de constancia de socio, rotulación de la finca, *etc*.

Se hizo el reconocimiento a nivel general del complejo de fincas para determinar el potencial de las áreas como propuesta para inscripción como bosques naturales y reservas naturales privadas. Se delimitaron tres áreas significativas, las cuales la número uno se encuentra ubicada en la finca la Estanzuela, la número dos colinda al sur con la finca la Estanzuela, y la número tres se encuentra ubicada dentro de la finca el Recreo. Por medio de fotointerpretación y reconocimiento de campo las áreas de propuesta de reserva natural privada, las cuales representan un total de área aproximadamente de 59.7 ha, se determinó que considerando el área total de 59.7 ha se obtiene un ingreso de incentivos por conservación de bosque natural para protección de Q 5,410.20 durante los primeros cinco años.

VIII. RECURSOS HÍDRICOS

A. Marco teórico

1. Caracterización del recurso hídrico. Desde mucho tiempo antes de iniciarse el desarrollo y expansión del ser humano sobre la superficie terrestre, el agua ha jugado un papel muy importante en el moldeado de la corteza terrestre. Su principal exponente es el océano, el cuál abarca más del 90% del agua existente en el planeta, además que en los continentes se han generado distintos tipos de cuerpo de agua. Tales como: ríos, lagos, lagunas, *etc*., todos los cuáles con contribuido en el moldeado de las formas terrestres. (INSIVUMEH, 2010)

A través de la historia humana, se observa un creciente interés en el estudio de los recursos hídricos, principalmente para aprovecharlos en distintas actividades de las que realiza el ser humano en sus actividades normales. Por ejemplo: abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía, *etc*., de esta cuenta, se conocen muchos casos donde las grandes ciudades se fundaron cercanas a los cuerpos de agua. (INSIVUMEH, 2010)

Conforme el hombre ha ocupado las áreas aledañas a los ríos y lagos, la importancia del estudio de estos recursos se ha incrementado, principalmente al observar la facilidad con que las mismas pueden agotarse y contaminarse. Además, existe la amenaza por inundaciones y crecidas que ellas pueden significar tanto para las poblaciones como zonas de aprovechamiento aledañas, principalmente durante las épocas de lluvias. (INSIVUMEH, 2010)

En el caso de Guatemala, la investigación y control permanente en los diferentes cuerpos de agua, está a cargo principalmente del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), el cuál a través del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos, opera estaciones para mantener un monitoreo constante.

El agua es vital para el bienestar y la supervivencia de los seres humanos. Los recursos hídricos se encuentran dispersos de una manera no homogénea alrededor de todo el mundo; de distintas formas: en la atmósfera, bajo tierra, en la superficie terrestre y en los océanos. Sin embargo, las fuertes presiones que genera la actividad humana hacen que estos se agoten. El agua dulce únicamente representa el 2.5% del total de agua disponible en el planeta y su mayoría, es decir 2.4%, se encuentra en forma de glaciares. El agua subterránea representa un 0.54% y el agua superficial un 0.06%. (Monsalve, 1999)

2. Ciclo hidrológico. El agua se mantiene en constante movimiento alrededor del mundo a través de sus distintos estados: sólido, líquido y gaseoso. El agua en su forma gaseosa se encuentra principalmente en la atmósfera, en su forma sólida la podemos encontrar en glaciares o nieve y en su estado líquido se puede encontrar en ríos, lagos, mares, suelos, subsuelos, lluvia y atmósfera. El ciclo hidrológico consiste básicamente de los siguientes sucesos (Vélez, 1999:18):

- Precipitación.
- Evapotranspiración.
- Condensación.
- Infiltración.
- Percolación.
- Escorrentía superficial.

El agua contenida en la atmósfera se condensa para formar nubes, las cuales son capaces de generar precipitaciones de agua en forma de granizo, nieve o lluvia. Un porcentaje de esta agua se evapora nuevamente antes de tocar la superficie terrestre. Una fracción del agua que llega al suelo puede ser captada por cobertura vegetal, por medio de la transpiración de la misma el agua vuelve a la atmósfera en forma de gas. El agua restante se convierte en escorrentía superficial, la cual puede llegar a cuerpos de agua más grande o puede infiltrarse en el suelo para la recarga superficial de acuíferos. (Vélez, 1999:19)

La energía calorífica irradiada por el sol evapora parte del agua que se encuentra en cuerpos de agua estáticos, en la superficie del suelo o redes hidrográficas. El agua que se infiltró superficialmente por la escorrentía está susceptible a la captación de la cobertura vegetal o la evaporación de la misma por la acción del sol. El agua que se infiltra en zonas más profundas de la corteza terrestre son las que sirven para la recarga de las capas acuíferas; este proceso se conoce con el nombre de percolación. Esta agua puede ser extraída por la acción humana o desembocar a ríos subterráneos, brotando a la superficie terrestre en forma de nacimientos y a partir de ese momento el ciclo hidrológico comienza de nuevo. (Vélez, 1999:19)

Ilustración 80: Ciclo hidrogeológico.



Fuente: U.S. Geological Survey.

3. Balance hídrico. El balance hídrico es una aplicación de la ley de la conservación de la masa enfocada al ámbito del agua. El balance debe hacerse en un intervalo determinado de tiempo y con las condiciones de frontera específicas del lugar de aplicación. La diferencia entre la sumatoria de las entradas y la sumatoria de las salidas debe ser igual al cambio de almacenamiento de agua. (Universidad Nacional de Colombia, 2012:69)

$$I - O = \pm \Delta S$$

La ecuación del balance hídrico puede convertirse en una igualdad más compleja dependiendo de los datos con los datos disponibles del área de estudio. Las entradas consisten en la precipitación como principal fuente de recarga al sistema. Otro factor que puede servir como ingreso sería un glaciar que al momento de derretirse genera agua dulce que pude ser aprovechable; sin embargo, es muy raro encontrar un glaciar en un lugar que pueda ser aprovechable, la mayoría de estos se encuentra en los polos, por lo que generalmente no se incluye en la ecuación de balance hídrico. (Universidad Nacional de Colombia, 2012:69)

Las salidas comprenden la evaporación presente en los cuerpos de agua libres o incluso en parte del agua recién precipitada; la transpiración que es generada por la cobertura vegetal del lugar y la escorrentía superficial que no es aprovechada. (Universidad Nacional de Colombia, 2012:69)

El cambio en el almacenamiento consiste en la diferencia entre la cantidad de agua almacenada al final de un período y la cantidad de agua almacenada al inicio del mismo dentro del sistema. Estos cambios que son indispensables para que ocurra el balance incluyen: cambios en el volumen de agua superficial presente en cuerpos de agua libres, cambios en la humedad del suelo, cambios en el nivel de agua presente por debajo del nivel freático, entre otros. (Universidad Nacional de Colombia, 2012:69)

Los elementos que componen la ecuación de balance hídrico pueden ser expresados como una altura de agua (mm), como volumen (m^3), o en forma de caudal (m^3/s). Independientemente de las unidades utilizadas para describir el sistema, es indispensable que todos los elementos sean congruentes con las unidades de medida. Luego de conocer todos los elementos que forman parte de la ecuación de balance hídrico; ésta puede ser expresada de la siguiente manera: (Velasco, Silva, *et al*. 2000: 17)

$$P - R - E - T = \pm \Delta S$$

Donde:

P = precipitación.

R = escorrentía superficial.

E = evaporación.

T = transpiración.

S = almacenamiento.

4. Balance hídrico en el ámbito nacional. La disponibilidad del recurso hídrico en Guatemala es un tema de vital importancia. Es por ello que trabajos realizados por la Universidad Rafael Landívar dieron como resultado el presente cuadro, en donde mostraron la situación que se presentaba para el año 2005 y una proyección para el año 2025; mediante la utilización de la ecuación de balance hídrico. (Universidad Rafael Landívar, 2005:21)

Cuadro 46: Uso actual y potencial de agua en Guatemala (millones de m^3).

Uso del agua	Uso actual (año 2005)	Uso potencial (año 2025)
Oferta hídrica bruta (incluye agua superficial y subterránea)	84,991	84,991
Caudal ecológico	21,248	21,248
Agua contaminada por descargas	33,996	33,996
Oferta hídrica neta	29,747	29,747
Agua potable	284	1,211
Riego	2,200	10,200
Industria	850	3,625
Energía *	2,883	15,000
Uso total	6,217	30,036
Excedente hídrico	23,530	-289

*El volumen es para fines comparativos, pues al pasar por la turbina queda disponible para usarla nuevamente.

Fuente: Universidad Rafael Landívar. Año 2005.

La información presentada es una estimación de la cantidad de agua presente en el país, mediante métodos empíricos. No obstante, es de gran ayuda para poder tener una idea de cómo se comporta el recurso hídrico en Guatemala. Como se puede observar en el cuadro, en el año 2005 existía un volumen de agua excedente por lo que la disponibilidad del recurso estaba en buenas condiciones; sin embargo, para el año 2025 el recurso hídrico se verá seriamente comprometido debido a la creciente en necesidades y contaminación del mismo. (Universidad Rafael Landívar, 2005:21)

La escasez de agua en el país se debe a dos razones: la temporalidad del recurso hídrico y la contaminación del mismo. Debido a la naturaleza de nuestras estaciones, existen meses con excesiva precipitación y otros con muy poca; esto genera falta de recurso hídrico en los meses secos. Las principales fuentes de contaminación son: las descargas líquidas, directas e indirectas; los basureros ubicados cerca de las áreas de recarga o en zonas aledañas a los cauces de los ríos. (Universidad Rafael Landívar, 2005:21)

5. Factores geofísicos de Guatemala. Guatemala es un país montañoso que goza de un clima tropical con variaciones regionales y micro climas que van en función del relieve montañoso y su distancia al mar. La precipitación promedio anual es de aproximadamente 2,000 mm, con variaciones que van desde 700 mm en las regiones secas del país (Chiquimula, Jutiapa, Zacapa y Jalapa), hasta 5,000 mm en la zona norte y occidente (Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y Baja Verapaz). (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

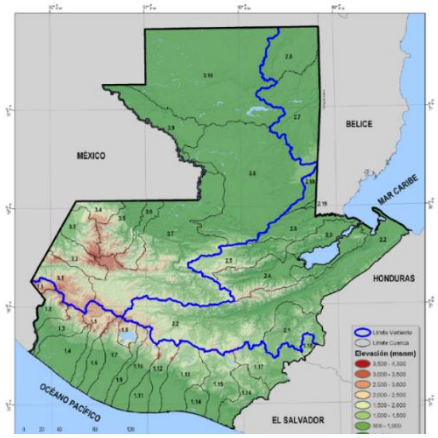
Las estaciones presentes en Guatemala son: verano e invierno. La época lluviosa se concentra principalmente en los meses de junio y septiembre, con un período menor de precipitación, entre julio y agosto. En las regiones secas, la época sin lluvia es de seis meses, que comprenden de noviembre a abril; mientras que en las regiones húmedas, este período de sequía se reduce a dos o tres meses sin tener definidos cuáles meses son. Guatemala, debido a su orografía, se divide en tres vertientes de escurrimiento superficial: la del Pacífico, la del Caribe, y la del Golfo de México. (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

La vertiente del Pacífico posee una extensión aproximada de 24,237.26 km^2; esto representa un 22% del territorio nacional. Esta vertiente está compuesta por 18 cuencas y posee un caudal promedio anual de 808 m^3/s. En general las cuencas pertenecientes a esta vertiente son angostas, con pendientes pronunciadas en la parte media y con pendientes suaves en la parte baja. Las características principales de las cuencas de esta vertiente son la rápida respuesta a la precipitación y el alto grado de sedimentación en la planicie costera; que es incrementado por la gran cantidad de sedimento proveniente de la actividad volcánica. Los cauces pertenecientes a esta vertiente corren perpendicularmente a la cadena volcánica y a la costa. (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

La vertiente del Caribe posee una extensión aproximada de 33,799.29 km^2; esto equivale al 31% del territorio nacional. Esta vertiente está constituida por diez cuencas y posee un caudal promedio anual de 1,010 m^3/s. Las partes altas de esta vertiente poseen fuertes pendientes, que van drenando el agua para convertirse en ríos quebrados con valles inundables en las partes más bajas cerca de la desembocadura. En esta vertiente se encuentran los ríos con mayor longitud en el territorio nacional. (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

La vertiente del Golfo de México posee una extensión aproximada de 50, 852.45 km^2; esto representa el 47% del territorio nacional. Esta vertiente está compuesta por diez cuencas, algunas de la cuales son internacionales y tiene un caudal promedio anual de 1,372 m^3/s. Las cuencas de esta vertiente son las más extensas y caudalosas del país. (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

Ilustración 81: Vertientes de la República de Guatemala.



Fuente: Universidad Rafael Landívar.

La riqueza hídrica de Guatemala está compuesta por: siete lagos, 19 lagunas costeras, 49 lagunas, 109 lagunetas, siete embalses y tres lagunas temporales. El potencial de agua subterránea, calculado en base al índice de infiltración se estima es de 33,699 millones de metros cúbicos. El potencial de agua superficial estimado es de 100,599 millones de metros cúbicos. Los acuíferos que más han sometidos a estudios son los pertenecientes al altiplano, estos y los acuíferos aluviales de la costa pacífica son los que se estiman poseen un mayor rendimiento, debido a que en estos lugares el agua subterránea representa la fuente de abastecimiento más utilizada. (Universidad Rafael Landívar, 2005:6)

6. La cuenca hidrográfica. La cuenca hidrográfica se refiere a un área delimitada geográficamente por las partes más altas de montañas, laderas y colinas; en el que se forma un sistema de drenaje de aguas superficiales que se concentra en un mismo punto que puede ser un río, un lago, un canal o el mar. A este lugar se le llama el punto de desfogue. El sistema de drenaje antes mencionado consiste de un río principal que a su vez cuenta con diversos afluentes que sirven para drenar el agua de la cuenca. (Faustino, Jiménez, 2000)

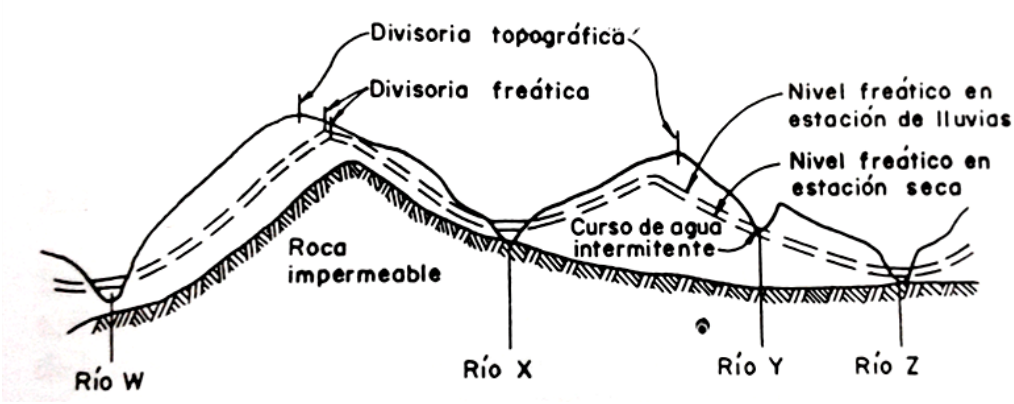
El agua que se encuentra almacenada dentro de una cuenca hidrográfica puede ser: (Velasco, Silva, *et al*. 2000: 19)

- Agua superficial: almacenada sobre la extensión de la cuenca hidrográfica.
- Agua subsuperficial: almacenada en el suelo, en la zona no saturada del mismo.
- Agua subterránea.

La divisoria en una cuenca se refiere a la unión de puntos de máxima cota que sirve para separar las precipitaciones de cuencas inmediatamente vecinas. Una cuenca está definida por dos tipos de divisorias: (Faustino, Jiménez, 2000)

- Divisoria topográfica: esta divisoria es conocida también como divisoria superficial o parteaguas. Es el tipo de divisorias que están delimitadas por el relieve y la determinan las cotas máximas superficiales de la cuenca.
- Divisoria freática: esta divisoria es conocida también como divisoria subterránea y está delimitada por la energía del nivel freático debido a la acumulación de agua.

Ilustración 82: Corte transversal- divisorias de una cuenca hidrográfica.



Fuente: Faustino, Jiménez.

a. Clasificación de los cursos de agua en una cuenca hidrográfica. Los cursos de agua presentes en una cuenca hidrográfica pueden ser clasificados dependiendo de las características presentes en la escorrentía superficial y en el nivel freático. Los cuerpos de agua pueden ser: perennes, intermitentes y efímeros. (Faustino, Jiménez, 2000)

- Perennes: son los cursos de agua que cuentan con una escorrentía que se mantiene todo el tiempo, además su nivel freático goza de una alimentación continua.

- Intermitentes: son los cursos de agua que disponen de una escorrentía en época lluviosa y cuentan con sequía en el verano. El nivel freático de estos cursos se mantiene durante el invierno y desciende durante el verano.

- Efímeros: son los cursos de agua que difícilmente se pueden encontrar en las épocas lluviosas y a diferencia de los casos anteriores, aplica únicamente para escorrentía superficial.

b. Clasificación de las cuencas hidrográficas. La clasificación de las cuencas hidrográficas puede ser mediante tres criterios principales, los cuales son: por las dimensiones, por zonas de altitud y por la dirección de evacuación de sus aguas. (Faustino, Jiménez, 2000)

c. Clasificación según las dimensiones de la cuenca hidrográfica. El criterio relacionado con el tamaño de la cuenca está estrechamente relacionado con el número de orden de drenaje que posee. A continuación se muestra una tabla en la que se resume la clasificación de las cuencas hidrográficas según este criterio: (Faustino, Jiménez, 2000)

Cuadro 47: Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas.

Tipo	No. de orden	Área (km^2)
Microcuenca	1,2,3	10 – 500
Subcuenca	4,5	500 – 2000
Cuenca	6,7, o más	Más de 2000

Fuente: Faustino, Jiménez.

La clasificación anteriormente presentada puede tener cierto grado de relatividad y puede no aplicarse en áreas específicas. Como se puede observar la subcuenca es toda área que desarrolla el drenaje al curso principal de la cuenca. Un conjunto de subcuencas forman una cuenca hidrográfica. Una microcuenca desarrolla todo su drenaje hacia el curso principal de la subcuenca. Un conjunto de microcuencas conforman una subcuenca. Además de este tipo de cuencas existe una llamada cuenca internacional, la cual consiste en una cuenca hidrográfica que comparte el cauce de su río dentro de dos o más países. (Faustino, Jiménez, 2000)

d. Clasificación según la dirección de evacuación de aguas de la cuenca hidrográfica. Las cuencas debido a la dirección de evacuación de sus aguas pueden ser: arréicas, exorréicas, criptorréicas y endorréicas. (Faustino, Jiménez, 2000)

- Arréicas: son las cuencas que no logran drenar sus aguas a un río, mar o lago; por lo tanto el desfogue de este tipo de cuencas es mediante la evaporación o infiltración en el suelo.

- Criptorréicas: son las cuencas que poseen redes de drenaje superficial carentes de organización, por lo tanto corren como ríos subterráneos.

- Endorréicas: son cuencas cuyo desfogue es hacia un embalse o un lago, sin que sus aguas puedan llegar al mar.

- Exorréicas: son cuencas que drenan sus aguas hacia un sistema mayor de drenaje, tal es el caso del mar.

e. Clasificación según las zonas de altitud de la cuenca hidrográfica. La cuenca hidrográfica puede contar con distintas zonas dependiendo de las características de relieve, altitud y aspectos climáticos de las mismas. Generalmente se conocen tres tipos de zonas dentro de una cuenca, las cuales son: zona alta, zona media y zona baja. (Faustino, Jiménez, 2000)

El conocer las distintas zonas de una cuenca permite prever cómo las partes altas de las cuencas inciden en las partes bajas. Por ejemplo, si existe una deforestación en la parte alta de la cuenca, la escorrentía superficial en la parte baja aumenta en cantidad y en velocidad. De igual manera sucedería si se aplicaran

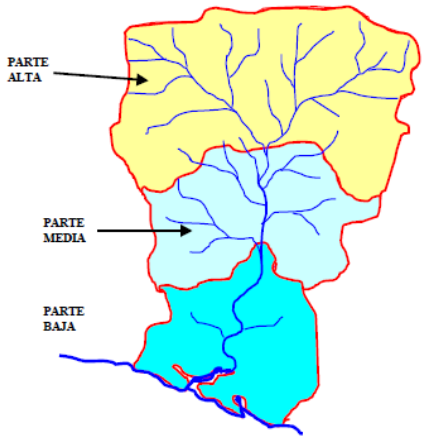
químicos a las plantas de la zona alta, se vería repercusiones en la zona baja de la cuenca. (Faustino, Jiménez, 2000)

- Zona alta: esta zona contiene lo que son las partes altas de las montañas que sirven como divisorias de la cuenca. Este espacio se conoce también como zona de recolección.

- Zona media: esta zona comprende regiones de valles bajos y pies de montaña. En este lugar es donde el río principal mantiene un cauce definido. Este espacio se conoce con el nombre de zona de transporte.

- Zona baja: esta zona está conformada por lugares de transición, estuarios y humedales. A este lugar se le conoce como zona de calma y desembocadura.

Ilustración 83: División de una cuenca según su altitud.

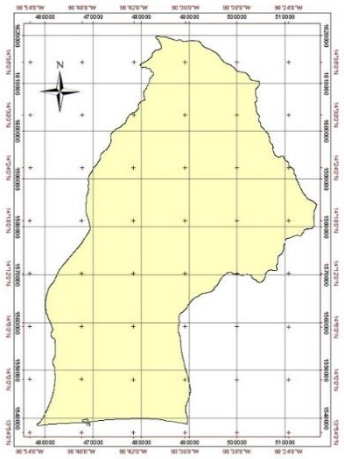


Fuente: Faustino, Jiménez.

f. La cuenca hidrográfica. Los terrenos de esta zona de vida tienen, mayormente, una topografía accidentada. Las áreas con pendiente moderada son pequeñas y están dispersas formando valles angostos, carentes de vías de comunicación. La elevación varía desde los 1,200 m hasta los 2,200 m de altura.

La cuenca del lago, en su totalidad, cubre un área mayor a los 300 km^2, y se trata de una subcuenca del río María Linda. La cuenca limita al norte con la divisoria continental de aguas y la cuenca del río Motagua, al oeste con la cuenca del río Achiguate, al este con la cuenca del río Los Esclavos y al sur con el río Michatoya y parte media del río María Linda.

Ilustración 84: Cuenca María Linda.



Fuente: Walter Bardales.

Esta cuenca está situada en los departamentos de Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa y Escuintla. La parte sur del Valle de Guatemala está dentro de esta cuenca, como lo es la ciudad de Guatemala, Escuintla, el lago de Amatitlán y los Puertos de San José e Itzapa. Este grupo es uno de los lugares por los cual pasa la cueca que tiene una mayor importancia para el país ya que son lugares de trabajo tanto como el área industrial como para el área turística. También se encuentran las lagunas de Calderas, el pino y diversas lagunetas las cuales son propensas a inundaciones debido a su cercanía a la zona de inundación. (Walter Bardales 2009)

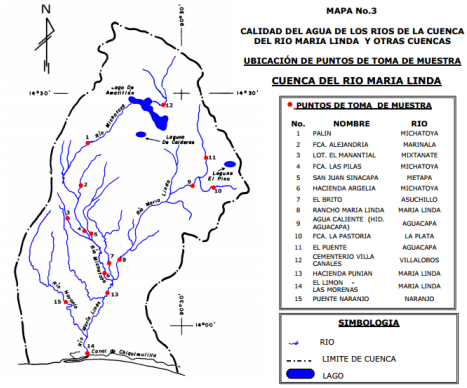
Ilustración 85: Ubicación de la cuenca María Linda.



Fuente: Boletín No. 3 INSIVUMEH.

La cuenca se encuentra en la vertiente del Pacífico, con un área aproximada de 2780 km^2 convirtiéndose en la más extensa de su zona. Su punto más alto es de 3,760 m sobre el nivel del mar, el cual está ubicado en el cráter del volcán de agua, el cual es la divisoria de la cuenca. Los ríos principales de la cuenca María Linda son: el río Michatoya y el Aguacapa, que estos al unirse forman el río María Linda, lo cual sucede en la planicie costera. La topografía de la cuenca es montañosa en la parte norte, hasta el límite sur del valle de Guatemala, localizado en Palín, y la de una planicie costera al sur de la zona.

Ilustración 86: Calidad de agua de la cuenca María Linda.



Fuente: Boletín No. 3 INSIVUMEH.

g. La cuenca del lago de Amatitlán. La cuenca del lago de Amatitlán se encuentra ubicada en el Valle de la Ermita, departamento de Guatemala. Esta cuenca hidrográfica posee una extensión de 381.31 km^2, además de ser una subcuenca de la cuenca María Linda. La altitud de la cuenca varía entre 1,186 y 2,250 metros sobre el nivel del mar. (AMSA, 2002:3)

La población que habita la cuenca del lago de Amatitlán es aproximadamente de 1.5 millones de personas (INE 2001), teniendo a Villa Nueva como el municipio más poblado. El 25% de la industria nacional se encuentra ubicada dentro de esta cuenca por lo que es muy susceptible a la contaminación. Sin embargo, también cuenta con diversos accidentes geográficos tales como: ríos, lago, cerros, quebradas y montañas. A continuación, se muestran los distintos municipios que forman parte de la cuenca del lago de Amatitlán. (AMSA, 2002:4)

Ilustración 87: Cuenca del lago de Amatitlán.



No	Municipio	Área Km²	Dentro de la Cuenca Km²
1	San Pedro Sacatepéquez	30.00	5.89
2	Santiago Sacatepéquez	15.00	5.74
3	San Bartolomé Milpas Altas	7.00	1.77
4	San Lucas Sacatepéquez	24	19.24
5	Mixco	99.00	45.26
6	Guatemala	228.00	42.65
7	Santa Catarina Pinula	48.00	25.18
8	San Miguel Petapa	20.25	20.25
9	Villa Nueva	75.00	73.42
10	Santa Lucía Milpas Altas	19.00	9.83
11	Magdalena Milpas Altas	8.00	5.94
12	Fraijanes	91.00	2.65
13	Villa Canales	353.00	76.34
14	Amatitlán	114.00	32.15
	Cuerpo del Lago	15.00	15.00

Fuente: Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del Lago de Amatitlán.

Los suelos que conforman la cuenca del lago de Amatitlán son, básicamente, formaciones de origen volcánico que han ido consolidándose hasta llegar a formaciones rocosas. Los suelos superficiales son de color café con una textura que varía de franca a franca arcillosa; siendo ligeramente ácidos y de un espesor que oscila entre 25 y 50 centímetros. Los subsuelos por lo general son de textura franca arcillosa, con un potencial de hidrógeno ligeramente ácido; su color es café rojizo y poseen una profundidad que en algunos casos alcanza a ser mayor de un metro. (AMSA, 2002:6)

7. Geomorfología de una cuenca hidrográfica. La geomorfología de una cuenca hidrográfica es de vital importancia para la descripción de la misma. Esto permite conocer las propiedades únicas de cada cuenca y la metodología para el manejo integral de la misma. Los aspectos que se toman en cuenta son: parámetros generales, parámetros de forma, parámetros de relieve y las características de la red de drenaje. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010).

a. Parámetros generales. La naturaleza y el comportamiento de una cuenca hidrográfica pueden conocerse mediante la identificación de los aspectos más básicos presentes en la misma. Estos aspectos básicos incluyen: área, perímetro, longitud, ancho y desnivel altitudinal. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

b. Área. El área de una cuenca hidrográfica se conoce como el espacio plano comprendido dentro de la delimitación de la misma por medio de la divisoria topográfica. La línea divisoria se traza sobre un mapa topográfico, siguiendo los parteaguas. El cálculo del área se puede llevar a cabo mediante la utilización de papel milimetrado o un planímetro; sin embargo, debido a los avances en la tecnología, actualmente se puede calcular con el uso de programas informáticos, obteniendo una mayor precisión en los resultados. La unidad utilizada para medir este parámetro es km^2. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

c. Perímetro. El perímetro de una cuenca hidrográfica está definido como la longitud que posee el límite exterior de la misma; medido en km. Esta línea delimitadora generalmente se traza mediante la utilización de fotos aéreas que permiten observar el relieve del lugar. Este parámetro ayuda a describir la forma de la cuenca; estudiando la misma superficie, los perímetros de mayor magnitud pertenecen a cuencas más alargadas, mientras que los perímetros de menor valor corresponden a cuencas con una forma redonda. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

d. Ancho de la cuenca hidrográfica. El ancho de una cuenca hidrográfica se define como la relación entre el área y la longitud de la misma. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

$$W = \frac{A}{L}$$

Donde:

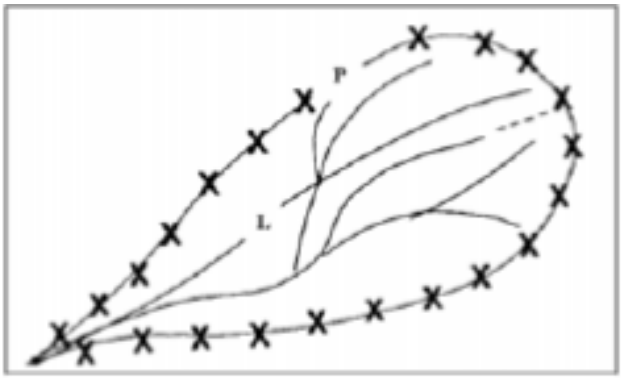
W = ancho de la cuenca en km.

A = área de la cuenca en km^2.

L = longitud de la cuenca en km.

e. Longitud de la cuenca hidrográfica. La longitud de una cuenca hidrográfica se define como la distancia que posee la proyección de una línea recta paralela al cauce principal, que va desde el desfogue de la cuenca hasta el parteaguas de la misma. Este parámetro tiene una relación estrecha con la generación de escorrentía superficial y es medido en km. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

Ilustración 88: Perímetro y longitud de una cuenca hidrográfica.



Fuente: Ibáñez, Moreno, Gisbert.

f. Desnivel altitudinal de la cuenca hidrográfica. El desnivel altitudinal se define como la diferencia entre la cota más alta y la cota más baja de la cuenca. Este parámetro es de suma importancia en temas como la variabilidad climática y la diversidad ecológica. Una cuenca que posea mayor cantidad de pisos altitudinales es capaz de acoger una gran cantidad de ecosistemas debido a sus importantes variaciones en precipitación y temperatura. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

g. Parámetros de forma. La forma de una cuenca hidrográfica es determinante para el comportamiento hidrológico de la misma. Debido a que estudios han demostrado que cuencas con la misma área, pero con distintas formas poseen distintos comportamientos hidrológicos. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

h. Factor de forma. El factor de forma se define como la relación entre el ancho promedio de la cuenca hidrográfica y la longitud de la misma. Este factor nos sirve para determinar la susceptibilidad de una cuenca hidrográfica a las crecidas. Una cuenca hidrográfica que cuenta con un factor de forma bajo es menos susceptible a crecidas, en comparación con una cuenca de misma área, pero con un factor de forma mayor. (Valtierra, Domínguez, 2006:3)

$$K_f = \frac{W}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

W = ancho de la cuenca en km.

A = área de la cuenca en km^2.

L = longitud de la cuenca en km.

i. Coeficiente de compacidad. El coeficiente de compacidad se define como la relación entre el perímetro de la cuenca hidrográfica estudiada y el perímetro de una cuenca circular teórica con la misma área de la cuenca de estudio. Este factor es de vital importancia debido a que sirve para determinar el tiempo necesario para recorrer la cuenca desde sus extremos hasta la salida. Este coeficiente será mayor conforme la cuenca sea más irregular; posee un valor mínimo de uno y es cuando la cuenca se asemeja lo más posible a una forma circular, generando una gran susceptibilidad a crecidas. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

$$K_c = \frac{Per.Cuenca}{Per.Circulo} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = perímetro de la cuenca en km.

A = área de la cuenca en km^2.

j. Parámetros de relieve. Los parámetros de relieve de una cuenca hidrográfica son de gran importancia debido a que poseen mayor influencia sobre la respuesta hidrográfica que los parámetros de forma de la misma. Generalmente, cuanto mayor sean los desniveles de una cuenca; mayor será la velocidad de circulación del flujo. Por lo tanto, el tiempo de concentración será menor; lo que indicará un aumento considerable de flujo en el punto de desfogue. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

k. Pendiente media del cauce. La pendiente media del cauce hace referencia a la relación que existe entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud. Se define mediante la siguiente expresión: (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

$$j = \frac{DA}{L}$$

Donde:

j = pendiente media del cauce.

DA = diferencia entre las elevaciones máxima y mínima del cauce en km.

L = longitud del cauce en km.

l. Pendiente media de la cuenca hidrográfica. La pendiente media de una cuenca hidrográfica se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante. Este parámetro es un índice que refleja la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

El cálculo de la pendiente media de una cuenca se puede llevar a cabo mediante la implementación del método de Horton, según Viessman. Este método consiste de los siguientes pasos: (Viessman, Lewis, 1995)

a) Medir la pendiente en sentido vertical.
b) Medir la pendiente en sentido horizontal.
c) Calcular la pendiente media, haciendo un promedio entre la pendiente vertical y horizontal.

Las pendientes vertical y horizontal se pueden calcular superponiendo una cuadrícula regular con dimensiones conocidas. En seguida, se cuentan los puntos de intersección de las líneas de la cuadrícula en la dirección que se esté trabajando con las curvas de nivel. Luego, se mide la longitud de los tramos, de la dirección en la que se está trabajando, de la rejilla dentro de los límites de la cuenca. Por último, se hace uso de la siguiente expresión: (Viessman, Lewis, 1995)

$$P = \frac{n * e}{\sum l}$$

Donde:

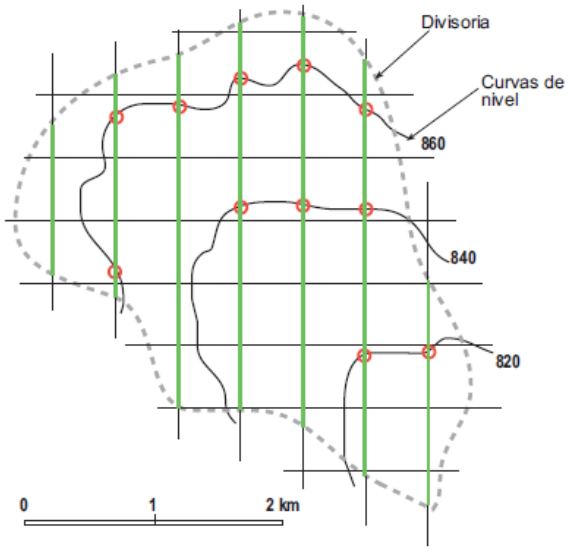
P = pendiente en una dirección de la cuenca.

n = número de intersecciones.

e = equidistancia entre curvas a nivel medida en m.

Σl = suma de las longitudes en una dirección de la cuadrícula medida en m.

Ilustración 89: Cálculo de la pendiente de una cuenca hidrográfica.



Fuente: Viessman, Lewis.

El último paso a llevar a cabo para determinar la pendiente media de una cuenca hidrográfica es hacer un promedio entre los valores de la pendiente horizontal y la pendiente vertical. (Viessman, Lewis, 1995)

$$P_{media} = \frac{P_{horizontal} + P_{vertical}}{2}$$

Donde:

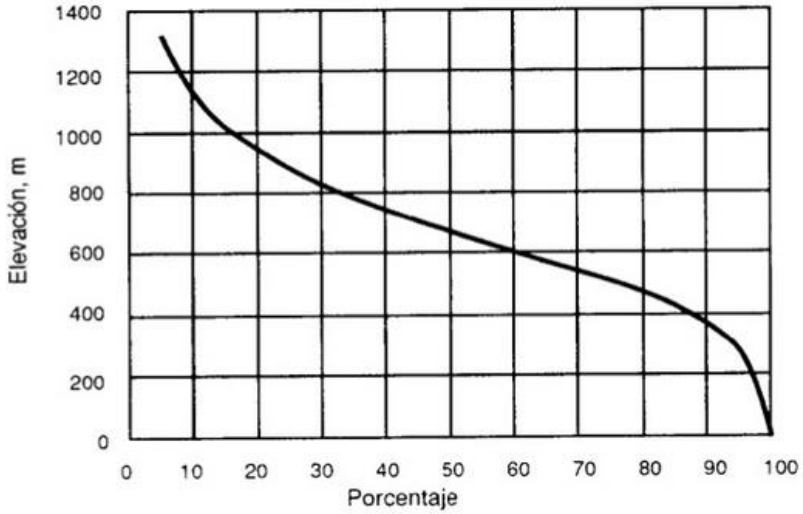
P_{media} = pendiente media de la cuenca hidrográfica.

$P_{horizontal}$ = pendiente en la dirección horizontal de la cuenca.

$P_{vertical}$ = pendiente en la dirección vertical de la cuenca.

m. Curva hipsométrica. La curva hipsométrica representa el área drenada en relación con la variación de la altura de la superficie de la cuenca. La gráfica se genera utilizando el eje de las abscisas para tabular el porcentaje de área acumulada, mientras que el eje de las ordenadas se utiliza para registrar los valores de las cotas o elevaciones de la cuenca. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

Ilustración 90: Curva hipsométrica.

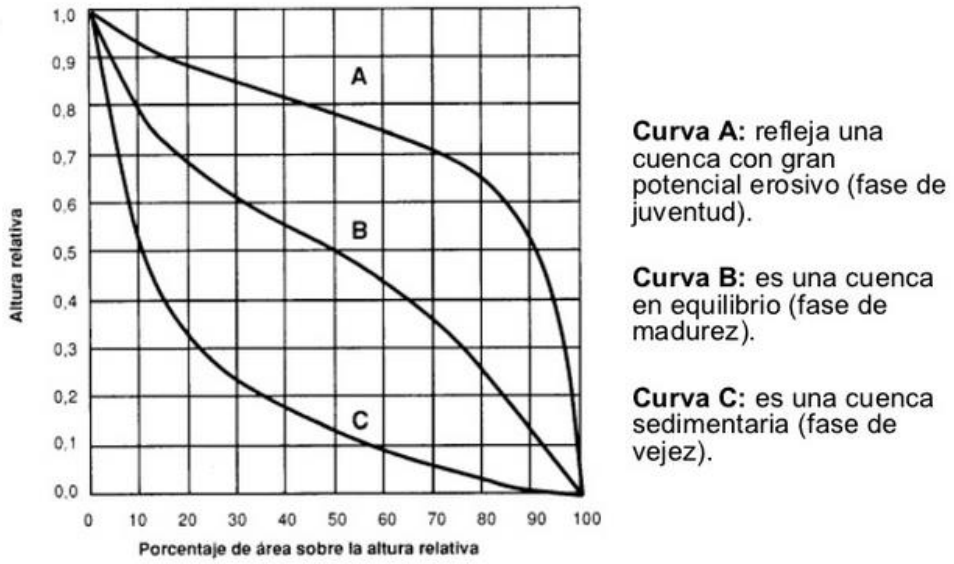


Fuente: http://image.slidesharecdn.com/7cuencahidrografica-100511142348-phpapp02/95/7-cuenca-hidrografica-27-728.jpg?cb=1273605952

La curva hipsométrica es una herramienta muy útil que ayuda a describir la relación que existe entre las propiedades altimétricas de una cuenca en un plano y su elevación. Esta curva puede ser transformada a una forma adimensional utilizando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos; esto se logra dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. La utilización de la curva hipsométrica adimensional es muy común al momento de comparar dos cuencas hidrográficas. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

Las curvas hipsométricas usualmente son utilizadas para identificar las edades de las cuencas hidrográficas. Una curva tipo “A” refleja una cuenca con un gran potencial erosivo por lo que se puede concluir que se encuentra en una fase de juventud. La curva denominada tipo “B” describe a una cuenca que se encuentra en equilibrio y que se encuentra en la fase de madurez. La curva tipo “C” es conocida por identificar a una cuenca sedimentaria que significa se encuentra en la fase de vejez. A continuación se muestran las formas de las curvas hipsométricas que describen la edad de una cuenca hidrográfica. (Valtierra, Domínguez, 2006:4)

Ilustración 91: Forma de la curva hipsométrica.

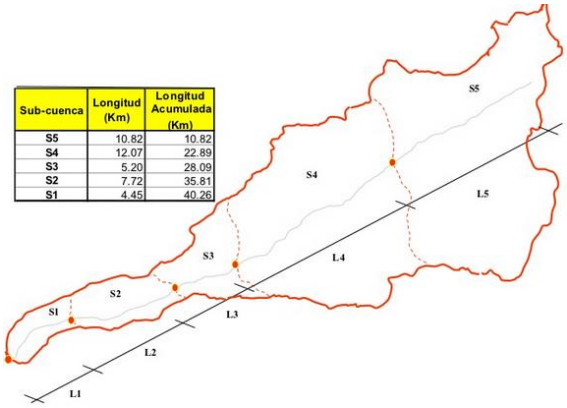


Fuente: http://image.slidesharecdn.com/7cuencahidrografica-100511142348-phpapp02/95/7-cuenca-hidrografica-28-728.jpg?cb=1273605952

8. Características de la red de drenaje.

a. Longitud del cauce principal. La longitud del cauce principal se define como la longitud del cauce más largo y de mayor contribución para la cuenca. La distancia se mide desde el punto de nacimiento hasta el punto de desfogue. (Valtierra, Domínguez, 2006:3)

Ilustración 92: Longitud del cauce principal de una cuenca hidrográfica.



Fuente: http://image.slidesharecdn.com/7cuencahidrografica-100511142348-phpapp02/95/7-cuenca-hidrografica-20-728.jpg?cb=1273605952

b. Perfil longitudinal. El perfil longitudinal de un río se obtiene mediante la representación gráfica de las diferentes alturas que posee el río desde su nacimiento hasta su desembocadura. La forma más común del perfil longitudinal de los ríos es una gráfica cóncava; sin embargo, existen partes aplanadas debido a afloramientos de rocas duras o actividades tectónicas. El perfil longitudinal es de gran ayuda para la identificación de los sitios de captación en proyectos hidráulicos. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

Ilustración 93: Perfil longitudinal de un río.



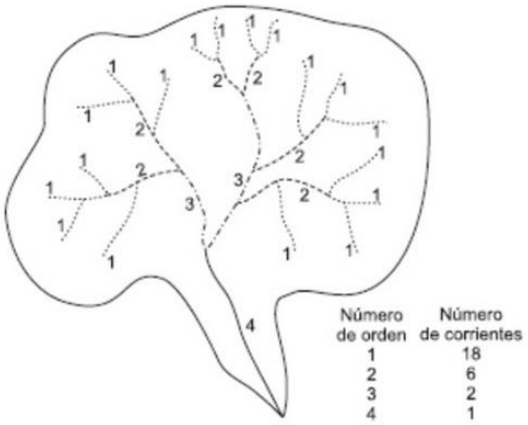
Fuente: Ibáñez, Moreno, Gisbert.

c. Jerarquización de la red fluvial. La jerarquización de la red fluvial de una cuenca hidrográfica permite tener conocimiento de la complejidad y el desarrollo del sistema de drenaje de la misma. Existen distintos sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton (1945) y el de Strahler (1952). (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

El orden de corriente determinado, refleja el grado de ramificación de los afluentes presentes en la cuenca hidrográfica. Según el ordenamiento de Strahler las corrientes se clasifican siguiendo un orden de importancia: (Valtierra, Domínguez, 2006:3)

Cauces de primer orden: son corrientes que no poseen tributarios. Los cauces de segundo orden nacen de la unión de dos cauces de primer orden. En general, los cauces de "n" orden se forman cuando dos cauces de "n-1" orden se unen. La unión de un cauce con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes. El orden de la cuenca hidrográfica es la misma de su cauce principal en el desfogue.

Ilustración 94: Jerarquización de la red fluvial.



Fuente: http://image.slidesharecdn.com/7cuencahidrografica-100511142348-phpapp02/95/7-cuenca-hidrografica-41-728.jpg?cb=1273605952

d. Densidad de drenaje. La densidad de drenaje se define como la relación que existe entre la longitud total de los cursos de agua presentes en la cuenca hidrográfica y el área total de la misma. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

L = longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca, medida en km.

A = área total de la cuenca, medida en km^2.

D_d = densidad de drenaje, medida en km/km^2.

En general, un valor alto de densidad de drenaje indica un gran potencial de erosión. Muchos estudios han revelado que valores cercanos a 0.5 km/km^2 de densidades de drenaje para cuencas hidrográficas son indicadores de drenajes pobres; sin embargo, valores cercanos a 3.5 km/km^2 reflejan cuencas bien drenadas. A continuación se muestran características que presenta una cuenca en relación con su densidad de drenaje. (Ibáñez, Moreno, Gisbert, 2010)

Cuadro 48: Relación entre la densidad de drenaje y características específicas de una cuenca.

Característica	Densidad alta	Densidad baja	Observaciones
Resistencia a la erosión	Fácilmente erosionable	Resistente	Asociado a la formación de los causes
Permeabilidad	Poco permeable	Muy permeable	Nivel de infiltración y escorrentía
Topografía	Pendientes fuertes	Llanura	Tendencia al encharcamiento y tiempos de concentración

Fuente: Ibáñez, Moreno, Gisbert.

9. Agua superficial

a. Aforo por Método de Flotador.

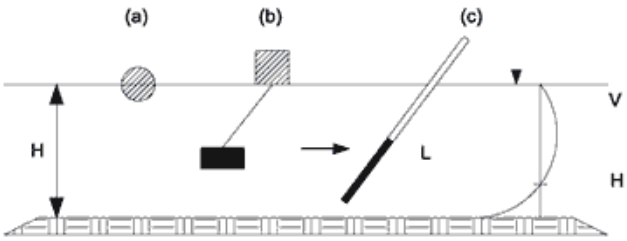
Flotadores: consisten en objetos flotantes que adquieren la velocidad del agua que los circundan. Pueden ser de tres tipos.

- Simples o de superficie: el inconveniente presentado por este flotador se debe al hecho de ser muy influido por el viento, por las corrientes secundarias y por las olas.

- Dobles o superficiales: constituyen un pequeño flotador de superficies, al cual está unido por una cuerda un cuerpo sumergido, a la profundidad deseada. Se hace que el volumen del primero sea despreciado frente al segundo. En estas condiciones, manteniéndose el cuerpo sumergido cerca de seis décimos de la profundidad, se determina la velocidad media.

- Bastones flotadores o flotadores lastrados: son tubos metálicos huecos o de madera, que tienen en la parte inferior un lastre de plomo para que flote en una posición próxima a la vertical. L debe ser igual o aproximadamente 0,95 H, como se muestra en la Ilustración 95. (Ingenieria Civil Proyectos y apuntes teóricos -practicos de Ingenieria civil, s.f.)

Ilustración 95: a) Flotador simple b) Flotador doble c) Bastón flotador



Fuente:http://1.bp.blogspot.com/_FJZh1gy3MuM/TSKuLT04XSI/AAAAAAAAA04/x7cNxJlTTV8/s1600/1.gif

Entre los objetos que pueden servir como buenos flotadores se encuentra una bola de caucho, un trozo de madera, un limón, una hoja seca o un envase plástico tapado.

Observación general: actualmente los flotadores rara vez son usados para mediciones precisas debido a muchas causas de errores (causas perturbadoras como los vientos, irregularidades del lecho del curso del agua, *etc.*). Son sólo empleados para determinaciones rápidas y a falta de otros recursos, o cuando no se justifica la compra de dispositivos de aforo más precisos. (Ingenieria Civil Proyectos y apuntes teóricos -practicos de Ingenieria civil, s.f.)

Aplicación: el método del flotador, al igual que los molinetes, tubos Pitot, métodos de la trayectoria y trazadores, se utiliza para medir la velocidad superficial del flujo, no el caudal directamente, y se utiliza en el aforo de surcos, acequias, canales, ríos, diques, *etc*.

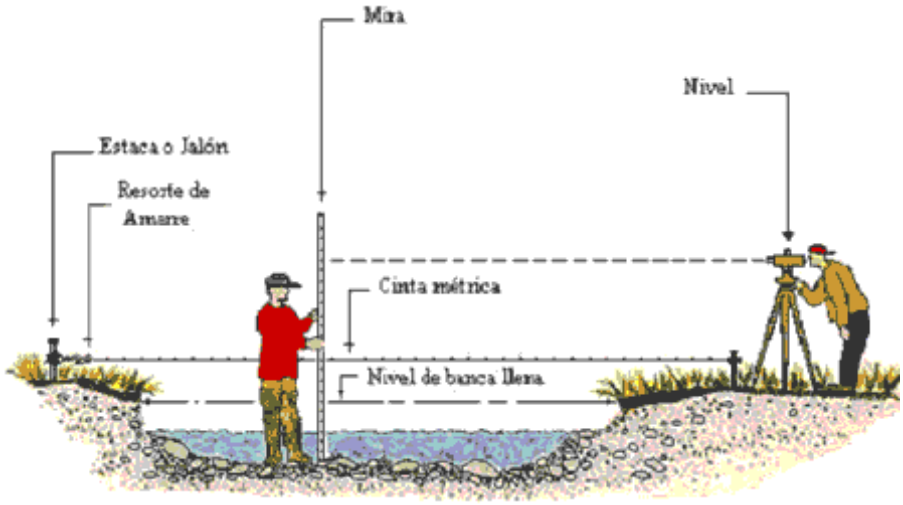
En el sitio que se decidió hacer el aforo, se hace un levantamiento topográfico completo de la sección transversal, el cual dependiendo de su ancho y profundidad, puede hacerse con una cinta métrica o con un equipo de topografía. (Ingenieria Civil Proyectos y apuntes teóricos -practicos de Ingenieria civil, s.f.)

El lugar elegido para hacer el aforo o medición debe cumplir los siguientes requisitos:

- La sección transversal debe estar bien definida y que en lo posible no se presente a gradación o degradación del lecho.
- Debe tener fácil acceso.
- Debe estar en un sitio recto, para evitar las sobre elevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas.
- El sitio debe estar libre de efectos de controles aguas abajo, que puedan producir remansos que afecten luego los valores obtenidos con la curva de calibración.

Entre los objetos que pueden servir como buenos flotadores se encuentra una bola de caucho, un trozo de madera, un limón, una hoja seca o un envase plástico tapado.

Ilustración 96: Levantamiento topográfico de la sección transversal.



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_FJZh1gy3MuM/TSKufqW2wkI/AAAAAAAAA08/n97u-xPfKCc/s1600/2.gif

El flotador debe ser soltado repetidas veces unos cuantos metros aguas arriba de la sección de prueba, cronometrando el tiempo que tarda en recorrer una distancia conocida (usualmente de 15 a 50 m.), marcada previamente sobre un tramo recto y uniforme. Dicho tramo es seleccionado para las observaciones a lo largo del ducto de prueba, como lo indica la Ilustración 96. Una vez hallados los tiempos de recorrido, se obtiene un promedio.

$$t = t_1 + t_2 + \cdots + t_n$$

Donde:

$t =$ promedo de los tiempos.

$t_1, t_2, t_n =$ tiempo de recorrido de cada observación.

Luego, la velocidad superficial se determina dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo promedio de viaje del flotador.

$$V_s = \frac{D}{t}$$

Donde:

$V_s =$ velocicad superficial.

$D =$ distancia recorrida por el flotador.

$t =$ promedo de los tiempos.

Como la velocidad superficial es mayor que la velocidad promedio del caudal, es necesario corregir la medición del flotador multiplicándola por un coeficiente que varía de 0.65 a 0.80; misma que debe ser de 0.65 para pequeños caudales (acequias) y de 0.80 para grandes caudales (ríos, diques y canales).

$$V_{promedio} = k * V_s$$

Donde:

$V_s =$ velocicad superficial.

$k =$ coeficiente de correccion de la velocidad superficial, varía de 0.65 a 0.80.

$V_{promedio} =$ velocidad promedio.

Generalmente las acequias y canales de uso agrícola no están revestidos. Su sección transversal, construida en tierra, no es uniforme, por tanto, la determinación del área debe hacerse dividiendo el espejo del agua en varios segmento iguales, de tal forma que se tenga una serie de figuras geométricas consistente en triángulos y trapecios, cuyos lados estarán dados por las profundidades (di) del agua y, las alturas, por la longitud del segmento (x/n), tal como se muestra en la siguiente ecuación. (Ingenieria Civil Proyectos y apuntes teóricos -practicos de Ingenieria civil, s.f.)

Área total:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

De donde:

$$A = \frac{x}{n} * \frac{d_1}{2} + \frac{(d_1 + d_2)}{2} * \frac{x}{n} + \frac{(d_2 + d_3)}{2} * \frac{x}{n} + \frac{x}{n} * \frac{d_3}{2}$$

A=(x/n)$(d_1 + d_2 + d_3)$ y generalizado la expresión para d_i tirantes, tenemos que:

$$A = \frac{x}{n} \sum_{t=i}^{n=i} d_1$$

En la cual:

x = anchura del espejo de agua.

n = número de segmentos en que se divide el espejo.

$d_i =$ tirante de agua, se debe observar $(n - 1)$ tirantes, para (n) segmentos.

Finalmente, al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad promedio del flujo (V promedio), se obtiene el caudal (Q) para la corriente aforada.

$$Q = A * V_{promedio}$$

$$Q = \frac{x}{n}\sum_{t=1}^{n-1} d_i * k * V_s$$

10. Agua subterránea. El agua subterránea es aquella porción del agua que pertenece al ciclo hidrológico que se encuentra bajo la superficie del terreno, a presiones mayores que la atmosférica. Este tipo de agua satura el medio a través del cual se transporta y en el cual es almacenada. El movimiento y la capacidad de almacenamiento de agua subterránea son controlados por la permeabilidad, parámetro para medir la habilidad del agua para moverse a través del medio poroso, y la porosidad, relación entre vacíos y el volumen total del material. (Vélez, 1999)

a. Unidades geológicas que contienen agua. El material geológico capaz de contener agua consiste en los depósitos no consolidados o rocas consolidadas en cuyos intersticios existe agua. La interconexión entre huecos que existe en el material geológico es el que determinará el tipo de flujo del agua. Cuando los agujeros se encuentran llenos de agua se dice que el material se encuentra saturado; por el contario, cuando los agujeros no se encuentran totalmente llenos de agua, se dice que se encuentra no saturado. (Vélez, 1999)

1) Depósitos no consolidados. Los depósitos no consolidados generalmente consisten en material que resulta luego de la ruptura de rocas consolidadas. Las dimensiones de este material varían desde fracciones de milímetro hasta varios metros. Los depósitos no consolidados que poseen una importancia relevante para términos hidrológicos de agua subterránea son: los de arcilla, arena limosa y grava. (Vélez, 1999)

2) Rocas consolidadas. Las rocas consolidadas consisten en gránulos minerales que han sido amalgamados en una masa sólida por calor y presión o por reacciones químicas. Estas pueden contener agua subterránea fluyendo a través de los huecos formados entre gránulos minerales o sedimentarios. Los huecos creados al mismo tiempo que la roca, como los de tipo intergranular, se denominan aberturas primarias. Los huecos creados con posterioridad a las rocas, como las fracturas, se denomina aberturas secundarias. (Vélez, 1999)

Ilustración 97: Abertura primaria.

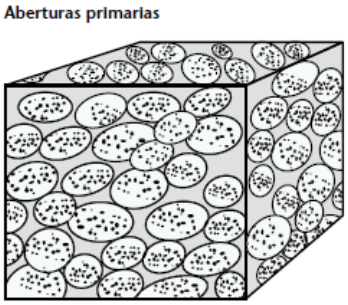
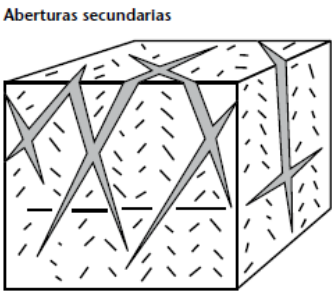


Ilustración 98: Abertura secundaria.



Fuente: Vélez, María.

Las rocas sedimentarias consolidadas que poseen importancia en la hidrología de aguas subterráneas son: la caliza, la dolomita, la lutita, la limolita y los conglomerados. Las rocas ígneas pueden ser: el granito y el basalto. Por último, las rocas metamórficas incluyen: filita, el esquisto y el gneis. (Vélez, 1999)

b. Formaciones geológicas. Las diversas formaciones geológicas presentan distintas características en cuanto a su porosidad y a su permeabilidad. Debido a la variabilidad de estos parámetros, la formaciones que contienen agua pueden clasificarse de la siguiente manera: acuicludos, acuitardos, acuifugos y acuíferos. (Vélez, 1999)

1) Acuicludos. Los acuicludos son formaciones que poseen la capacidad de almacenar agua, en algunas ocasiones lo hacen en grandes cantidades; sin embargo no tienen la habilidad para transmitirla en cantidades apreciables. (Vélez, 1999)

2) Acuitardos. Los acuitardos son formaciones geológicas que tienen la capacidad de almacenar agua, pero el flujo de la misma es permitido únicamente de una forma lenta. El estudio de estas formaciones cobra gran importancia al momento de realizar estudios de movimiento del agua a nivel regional, ya que sobre áreas grandes es posible la transmisión de grandes cantidades de agua; aunque la velocidad de transmisión sea baja. (Vélez, 1999)

3) Acuifugos. Los acuifugos son considerados como formaciones geológicas impermeables que no almacenan y por consiguiente no son capaces de transmitir el agua. (Vélez, 1999)

4) Acuíferos. Los acuíferos son formaciones geológicas que almacenan el agua y a su vez permiten el movimiento de la misma. Estas formaciones se encuentran saturadas y son capaces de suministrar la suficiente cantidad de agua a pozos o manantiales, para considerarlas fuente de abastecimiento. (Noriega, 2005)

La recarga de un acuífero puede tener una duración de unos pocos minutos hasta unos cientos de años. Este tiempo de recarga depende de la profundidad del acuífero y de la composición de los materiales que se encuentren sobre éste. El proceso de percolación, filtración del agua hacia capas subterráneas, es de gran importancia para los acuíferos profundos debido a que ayuda a la eliminación de las impurezas que el agua superficial podría contener. (Barrios, 2005)

Los acuíferos pueden clasificarse según las condiciones de presión hidrostática a la que se encuentra sometida el agua contenida en ellos y las condiciones que varían dependiendo la posición estratigráfica de la formación. Los distintos tipos de acuíferos son: Acuíferos Confinados, Acuíferos No Confinados y Acuíferos Semi-Confinados. (Vélez, 1999)

a) Acuíferos confinados. El acuífero confinado es una formación permeable que se encuentra limitada por dos capas de material impermeable, una en la parte superior y otra en la parte inferior. En estos acuíferos el agua contenida se encuentra sometida a una presión mayor que la atmosférica. Los acuíferos confinados se encuentran completamente saturados. Cuando un pozo se perfora y llega a un acuífero de este tipo, el nivel de agua dentro del pozo alcanzará una altura mayor a la del acuífero. (Barrios, 2007)

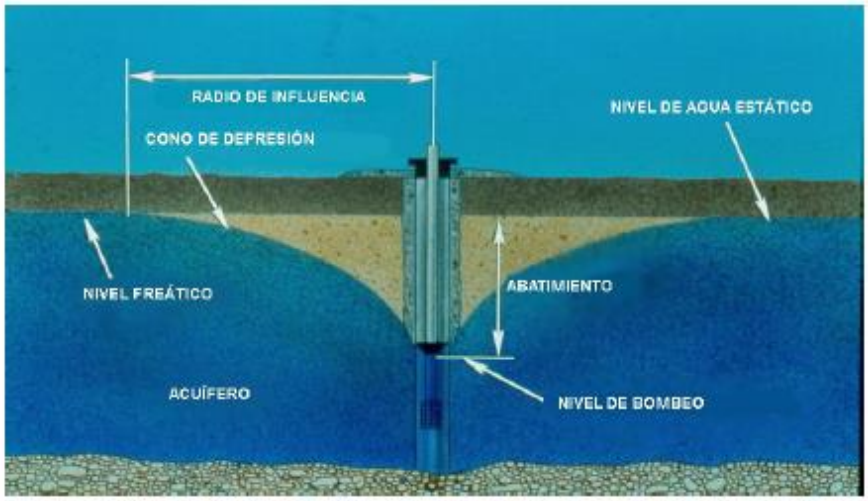
b) Acuíferos no confinados. El acuífero no confinado se encuentra limitado únicamente por una capa de material impermeable en la parte inferior del mismo. Este tipo de acuífero presenta una superficie libre de agua que se encuentra en contacto directo con la atmósfera, por consiguiente sometida a la presión atmosférica. Al momento de perforar pozos que llegan a estos acuíferos, el agua en el mismo alcanzará un nivel máximo igual al nivel freático. (Barrios, 2007)

c) Acuíferos semi-confinados. Un acuífero semi-confinado se encuentra completamente saturado y es limitado por una formación semipermeable (acuitardo). Esta limitación puede ser arriba, abajo o por ambas posiciones. Esto permite que exista un flujo de agua entre acuíferos separados por el acuitardo. (Vélez, 1999)

11. Pozos. Un pozo se refiere a una excavación en la superficie terrestre con una profundidad suficiente para obtener el agua que se busca. Desde la antigüedad se han excavado pozos en formaciones acuíferas con el objetivo de obtener agua. Los pozos existentes pueden ser utilizados para observar el nivel freático estático del lugar. (Barrios, 2007)

a. Hidráulica de pozos. La importancia de conocer la hidráulica de pozos radica en la predicción y compresión del comportamiento de los mismos. Además, conociendo los parámetros que rigen el comportamiento de los pozos, se pueden crear las bases para su diseño. Los conceptos básicos de la hidráulica de pozos son: nivel estático, nivel dinámico, abatimiento, cono de depresión, capacidad específica y radio de influencia. (Barrios, 2007)

Ilustración 99: Hidráulica de pozos.



Fuente: Andrés Barrios. Año 2007.

1) Nivel estático. El nivel estático es la distancia medida desde la superficie del terreno hasta el nivel de agua en el pozo cuando no se ha iniciado el bombeo de la misma. Este nivel se ve afectado por las variaciones meteorológicas como lo es la precipitación, por variaciones en la presión barométrica y algunos efectos de cargas. (Barrios, 2007)

2) Nivel dinámico. El nivel dinámico también es conocido como el nivel de bombeo, debido a que se forma luego de que inicia la extracción de agua del acuífero. El nivel dinámico está definido por el caudal de bombeo, el tiempo de bombeo y de las características hidrogeológicas del acuífero. (Donado, 1999)

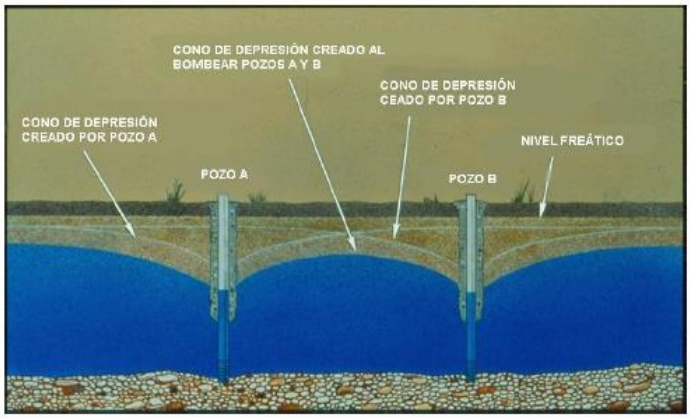
3) Abatimiento. El abatimiento se define como la distancia que existe entre el nivel estático y el nivel dinámico del agua. Este parámetro generalmente se mide en metros de agua. (Barrios, 2007)

4) Cono de depresión. El descenso del nivel estático del agua en el pozo establece un gradiente hidráulico entre cualquier punto de la formación geológica y el pozo; esto crea un movimiento radial desde todas las direcciones hacia el pozo en una forma simétrica. Por lo tanto, el caudal que se extrae del pozo es igual al caudal que pasa por cualquier sección del acuífero. Conforme se aumenta la velocidad de bombeo, mayor será el gradiente hidráulico presente ya que existe un aumento en la fricción generada entre el agua y las partículas sólidas. Esto genera la formación de un cono alrededor del pozo, que también es conocido como curva de abatimiento. (Donado, 1999)

La forma, alcance y profundidad del cono de depresión depende de las condiciones hidrogeológicas, del caudal de extracción y del tiempo de bombeo. Esta curva de abatimiento es de vital importancia para determinar el alcance o la influencia que tendrá el pozo en cierta área. El espaciamiento entre pozos debe ser considerable para que el funcionamiento de uno no interfiera al otro. En Guatemala no existe ley alguna que regule el espaciamiento entre los mismo, sin embargo algunas normas mencionan que no es permitido

perforar más de un pozo en un radio menor de 100 metros. El objetivo de evitar la interferencia de pozos radica en la prevención de un decaimiento en la eficiencia de los mismos. (Barrios, 2007)

Ilustración 100: Interferencia de pozos.

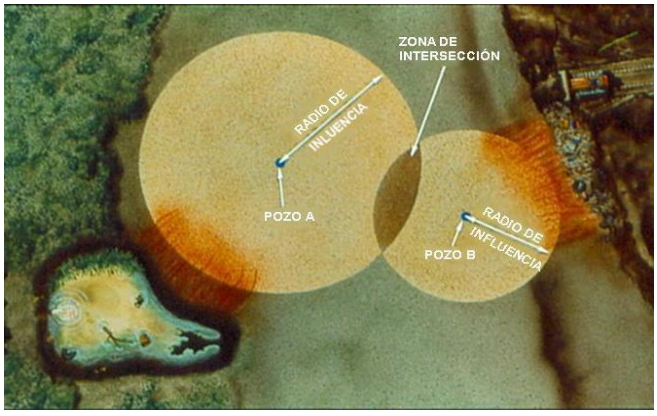


Fuente: Andrés Barrios. Año 2007.

5) Capacidad específica. La capacidad específica se refiere a la relación entre el caudal de bombeo y el abatimiento producido. Este parámetro es expresado en unidades de caudal por longitud y representa el grado de eficiencia de un pozo. Esto debido a que la capacidad específica en la mayoría de los pozos decrece con el tiempo desde el comienzo del bombeo. (Barrios, 2007)

6) Radio de influencia. El radio de influencia es definido como la distancia medida desde el centro del pozo hasta el límite del cono de depresión. Esta medición se hace como si se estuviera viendo el pozo en planta. Como su nombre lo indica es un parámetro que ayuda a determinar el espaciamiento mínimo entre pozos para que no exista interferencia entre los mismos. (Barrios, 2007)

Ilustración 101: Radio de influencia.



Fuente: Andrés Barrios. Año 2007.

12. Factores que afectan la recarga hídrica. La oportunidad que posee un acuífero de recargarse depende en gran medida de las interacciones que existen entre el tipo de suelo, la formación geológica presente, el tipo de vegetación, la topografía y el clima principalmente. Es por ello que pueden presentarse situaciones que desfavorezcan a la recarga del mismo, puede ser por fenómenos naturales o por influencias de la acción humana. (Noriega, 2005)

La totalidad del agua que se infiltra no es capaz de llegar a la zona saturada, que comúnmente se le conoce como agua subterránea, una parte de la misma se queda en un estrato superficial; esta agua vuelve a la atmósfera por efectos de la evapotranspiración. El volumen de agua que finalmente alcanza la zona saturada se conoce como lluvia eficaz o infiltración eficaz. (Noriega, 2005)

a. Clima. Los principales factores climáticos que afectan a la recarga natural de los acuíferos son: la precipitación y la evapotranspiración. (Noriega, 2005)

1) Precipitación. La precipitación constituye la entrada principal del ciclo hidrológico; este término hace referencia a todas las formas de humedad presentes en nuestro planeta. Durante un evento de lluvia se presentan dos aspectos que condicionan directamente a la infiltración: la duración y la intensidad del evento. Una lluvia moderada de larga duración favorece en gran medida la infiltración, mientras que las lluvias intensas saturan rápidamente el suelo, lo que provoca una pérdida de agua en forma de escorrentía superficial. (Noriega, 2005)

2) Evapotranspiración. La evapotranspiración se refiera a la suma de los fenómenos de la evaporación y la transpiración de las plantas. Gran parte del agua que se precipita es devuelta a la atmósfera debido a la acción de la evaporación del agua que se queda en las capas superficiales del suelo. Además, parte del agua captada por la cobertura vegetal también regresa a la atmósfera por el fenómeno de la transpiración. El agua que se pierde para el uso humano debido a estos fenómenos, debido a su dificultad de medir por separado los términos, se reúne bajo el concepto de evapotranspiración. (Noriega, 2005)

b. Suelo. El análisis y evaluación del tipo de suelo con el que se cuenta es de suma importancia debido a que refleja su textura, porosidad, grado de compactación y permeabilidad. Conforme mayor sea la porosidad del suelo, mayor será su capacidad de infiltración. Las zonas de recarga hídrica idealmente deben estar compuestas por suelos muy permeables para poder asegurar una alta capacidad de infiltración. Las arenas serían un buen ejemplo de este tipo de suelo permeable debido a su textura gruesa y porosa. Por el contrario, los suelos que poseen textura fina, arcillosos, pesados y compactos dificultan la recarga hídrica. (Matus, Faustino, Jiménez, 2009)

c. Topografía. La pendiente presente en el terreno tiene influencia directa en la capacidad de recarga de un acuífero principalmente debido a que determina el tiempo de contacto entre el agua y el suelo. Las pendientes fuertes o pronunciadas favorecen al incremento de velocidad de la escorrentía superficial; esto a su vez modifica las condiciones del suelo, aumenta la susceptibilidad de erosión del mismo, disminuye

considerablemente el tiempo de contacto con la superficie del terreno y por lo tanto se restringe la capacidad de infiltración. Por otro lado, en condiciones de pendientes bajas o suaves; la escorrentía superficial se mueve lentamente y permanece más tiempo en contacto con el suelo lo que favorece al proceso de infiltración. (Noriega, 2005)

d. Estratos geológicos. El estudio de la geología y estratigrafía de la zona a evaluar es de gran importancia debido a que estos estratos geológicos pueden afectar directamente la cantidad de recarga hídrica. La zona de estudio puede poseer buenas características climáticas, topográficas, tipo de suelo, cobertura vegetal y buen uso de suelo que favorezcan a la recarga del acuífero; pero si existe un estrato de material rocoso o arcilla impermeable, no se dará el proceso de percolación, por lo que únicamente se tendrá una infiltración a una capa subsuperficial que tendrá un movimiento horizontal hasta desembocar en un manantial, lo que no beneficiaría a la recarga del acuífero. (Matus, Faustino, Jiménez, 2009)

e. Cobertura vegetal. La cobertura vegetal consiste en el porcentaje de suelo ocupado por conjuntos vegetales permanentes. La presencia de varios estratos de cobertura vegetal favorece a la recarga hídrica y ayuda a conservar las características del suelo que también favorecen a este fenómeno. Gran cantidad de la precipitación presente en la primera parte de la tormenta es interceptada por la cobertura vegetal. Diversos estudios han demostrado que un bosque de árboles maderables intercepta hasta un 20% de lluvia. (Noriega, 2005)

f. Uso del suelo. El uso de suelo es un parámetro muy oscilante que posee una gran influencia de la actividad humana. El uso inadecuado del suelo puede generar una disminución en el potencial de recarga de un acuífero de hasta un 50%. Algunos usos del suelo son favorables para la recarga hídrica como por ejemplo, los sistemas agroforestales. Por otro lado, existen otros usos del suelo que perjudican este fenómeno, tal es el caso de la agricultura intensiva sin obras de conservación, ganadería o utilización de maquinaria agrícola. (Matus, Faustino, Jiménez, 2009)

13. Calidad del agua. Los recursos hídricos se enfrentan a muchas amenazas de contaminación, todas ellas originadas principalmente por la actividad humana. La contaminación, el crecimiento urbano y la deforestación son ejemplos claros de estas actividades. Los principales contaminantes son: la materia orgánica y los organismos patógenos contenidos en las aguas residuales. Es por ello que es importante determinar la calidad del agua que se está obteniendo para el consumo de la población. (Ramírez, 2003)

Los parámetros más comunes que miden la calidad del agua son: los análisis físicos, análisis químicos y los exámenes bacteriológicos. Los límites “Máximo Aceptable” y “Máximo Permisible” se mencionan de acuerdo con la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO 29 001 99 para Agua Potable. (Ramírez, 2003)

- Límite máximo permisible (L.M.P): es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.

- Límite máximo aceptable (L.M.A.): es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

a. Análisis físico. El análisis físico consiste en la evaluación y registro de propiedades presentes en el agua que pueden ser apreciadas por los sentidos. La utilización de ciertos parámetros genera una idea bastante acertada para tener un juicio sólido en la determinación de la calidad del agua. Estos parámetros son: (Ramírez, 2003)

1) Aspecto. La evaluación de la apariencia del agua es un análisis cualitativo que va de acuerdo a la apreciación general del aspecto que posea la muestra, la escala de medición va de la siguiente manera: cristalina, ligeramente turbio y turbio. Este parámetro sirve como diagnóstico rápido hacia la aceptación del agua por el consumidor. La recomendación es que el agua destinada al consumo humano posea un aspecto cristalino. (Ramírez, 2003)

2) Olor. Los olores presentes en el agua son provocados por concentraciones de compuesto volátiles, que en su mayoría son producidos en la descomposición de la materia orgánica. La intensidad del olor que se encuentra presente en el agua varía dependiendo de la contaminación del mismo, puede ser olor a tierra o incluso llegar a tener un olor putrefacto. Este análisis se hace mediante una medición cualitativa llevada a cabo mediante el sentido del olfato y es de vital importancia debido a que genera una medida de aceptación por el consumidor. En Guatemala, la norma regula el abastecimiento de agua carente de olores rechazables. (Ramírez, 2003)

3) Color. La determinación del color presente en el agua es de suma importancia debido a que este parámetro está estrechamente relacionado con el tratamiento que el agua recibe antes de ser entregada al consumidor. Además, vale la pena mencionar que el color es un parámetro que sirve para aumentar la aceptación del agua por el cliente. El color se expresa en unidades de color (UC), estas unidades se determinan con base en patrones de comparación de platino- cobalto. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 5 UC

Límite Máximo Permisible: 35 UC

4) Turbiedad. La turbiedad en el agua se puede identificar con la presencia de la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de la misma. Este fenómeno es el resultado de la presencia de materia orgánica e inorgánica, como por ejemplo: arcilla, barro, plancton y otros microorganismos. Este parámetro permite evaluar la eficiencia en los procesos de coagulación y filtración

del agua. Si el consumidor detecta turbiedad en el agua puede ser motivo de rechazo. La turbiedad se expresa en unidades de turbiedad (UT) y cuando la misma se realiza por nefelometría, la misma se expresa como unidades de turbiedad nefelométricas. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 5 UTN

Límite Máximo Permisible: 15 UTN

5) Temperatura. La temperatura posee ciertos efectos dentro de los procesos de autopurificación natural del agua, relacionada a la rápida estabilización de materia orgánica y al nivel del oxígeno disuelto. Este parámetro permite que numerosas pruebas físicas, químicas y biológicas se normalicen. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 15 – 25 °C

Límite Máximo Permisible: 34 °C

6) Potencial de hidrógeno (pH). El potencial de hidrógeno sirve como medida de acidez o alcalinidad de una sustancia. Este parámetro indica la concentración de iones de hidronio presentes en las disoluciones. La escala de pH varía en números de pH del 1 al 14. Un valor de pH de 7 en el agua indica neutralidad, mientras que valores de 1 a 7 exclusive, indican acidez. Los valores de 7 exclusive a 14 indican alcalinidad. (Ramírez, 2003)

Ilustración 102: Escala pH.



Fuente: Ramírez, Lilian.

La mayoría del agua que se obtiene de los ecosistemas posee valores de pH que varían de 5.5 a 8.6. Es por ello que la alteración excesiva en este parámetro puede ser un indicador de contaminación del abastecimiento de agua por algún tipo de contaminante de tipo industrial. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 7.0 – 7.5 de pH.

Límite Máximo Permisible: 6.5 – 8.5 de pH.

7) Residuos totales. El término de sólidos totales presentes en una muestra de agua se refiere a la cantidad de materia que permanece como residuo luego de un proceso de evaporación y secado. La importancia en la determinación de este parámetro radica en que el agua con un alto contenido de residuos genera cambios en el sabor del agua y puede ocasionar muchos problemas digestivos si una persona la ingiere. Esta prueba genera resultados que se miden en "mg/l" que se refiere a miligramos de residuos por litro de agua en partes por millón. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 500 mg/l residuo total.

Límite Máximo Permisible: 1,000 mg/l residuo total.

b. Análisis químico. Los análisis químicos se llevan a cabo mediante métodos cuantitativos, por lo tanto las propiedades analizadas no pueden ser determinadas de la misma manera que se hace con algunos parámetros pertenecientes a los análisis físicos. Los análisis químicos permiten determinar las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua que pueden afectar la calidad de la misma. Además, proporciona datos relacionados con contaminantes. Los análisis químicos más comunes son: (Ramírez, 2003)

1) Fluoruros. Las concentraciones de flúor pueden presentarse de manera natural en las aguas superficiales y subterráneas. Generalmente en las aguas de consumo humano, se mantiene a un nivel de 1.0 mg/l de fluoruros; esto con el objetivo de prevenir las caries dentales en los consumidores. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Permisible: 1.7 mg/l de F.

2) Cloruros. El contenido mineral de los suelos hace que las concentraciones de este elemento presentes en el agua se incrementen. Los abastecimientos de agua subterránea generalmente contienen mayores concentraciones de cloruro; esto debido a que el agua disuelve los cloruros presentes en las capas de suelo. La importancia en la medición de este parámetro radica en que cuando el agua se contamina, los niveles de concentración de cloruro aumentan considerablemente. Los contaminantes más comunes que hacen variar este parámetro son las heces fecales o la orina. Por lo que un aumento en esta variable sería una razón válida de preocupación. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 100 mg/l de Cl.

Límite Máximo Permisible: 250 mg/l de Cl.

3) Nitrógeno. La determinación del nitrógeno presente en el agua sirve para definir la calidad de la misma. Las distintas formas en las que el nitrógeno puede estar presente en el agua son: forma de albuminoideo, amoniacal, nitritos y nitratos. La presencia de nitrógeno albuminoideo y amoniacal es

sinónimo de agua recién contaminada. Mientras que al momento de poseer nitrógeno en forma de nitritos pone en evidencia la presencia de materia orgánica parcialmente descompuesta en el agua. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Permisible: 1 mg/l de nitrito.

Límite Máximo Permisible: 10 mg/l de nitrato.

4) Hierro total. El agua en la naturaleza contiene una cantidad variable de hierro en forma de ión ferroso o en forma de ión férrico. Actualmente no se han encontrado efectos perjudiciales para la salud del consumidor, debido a la ingesta de agua que contiene hierro. Sin embargo, cantidades excesivas de hierro en el agua puede causar manchas en la ropa o en utensilios de porcelana, produce sabores metálicos, afecta a la apariencia del agua y puede crear turbiedad en la misma. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 0.1 mg/l de Fe.

Límite Máximo Permisible: 1 mg/l de Fe.

5) Dureza total. La dureza total es una característica que posee el agua y es representada mediante la concentración total de calcio y magnesio, expresada como carbonato de calcio ($CaCo_3$). La calidad del agua no se ve afectada por esta propiedad; sin embargo; es importante tomarla en cuenta debido a que en ciertos casos dificulta la cocción de alimentos y provoca formación de incrustaciones en los utensilios de cocina. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 100 mg/l de $CaCO_3$.

Límite Máximo Permisible: 500 mg/l de $CaCO_3$.

6) Alcalinidad total. La alcalinidad del agua se refiere a la capacidad de la misma de neutralizar los ácidos. Ésta es una medida de los constituyentes alcalinos del agua expresados como carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos. Por lo tanto, la alcalinidad total es la suma de todos estos constituyentes. Esta propiedad no posee mayor relevancia en la determinación de la calidad del agua; sin embargo, vale la pena saberlo cuando se relaciona a los procesos de corrección del poder corrosivo del agua. (Ramírez, 2003)

7) Manganeso. El manganeso se encuentra presente en el agua generalmente en la forma del ión (Mn++). La presencia de este elemento en grandes cantidades puede generar diversos problemas: puede generar sabores desagradables y puede provocar manchas en la ropa que son mucho más oscuras que las que provoca el hierro. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 0.05 mg/l de Mn.

Límite Máximo Permisible: 0.50 mg/l de Mn.

8) Sulfatos. Los sulfatos se pueden encontrar en el agua natural con un amplio rango de concentraciones. La medición de este parámetro posee gran importancia debido a sus efectos negativos. La presencia excesiva de sulfatos en el agua puede poseer efectos laxantes; además, tiene efectos corrosivos en los materiales que regularmente se utilizan como tuberías. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 100 mg/l de SO_4.

Límite Máximo Permisible: 250 mg/l de SO_4.

9) Cloro residual. El cloro residual es utilizado para los procesos de desinfección del agua. Este elemento es agregado al agua de los abastecimientos para asegurar la pureza bacteriológica o para mejorar sus características físicas y químicas. Por lo tanto, es necesario llevar un control sobre la cantidad de cloro que se requiere para producir un residual de cloro óptimo en fuentes de abastecimiento de agua. Generalmente, se obtiene una seguridad bacteriológica cuando se agrega un ligero exceso de cloro. (Ramírez, 2003)

Límite Máximo Aceptable: 0.5 mg/l

Límite Máximo Permisible: 1 mg/l

c. Examen bacteriológico. El examen bacteriológico erróneamente puede relacionarse con el aislamiento de microorganismos patógenos. Este no es el objetivo del examen debido a que estos microorganismos pueden estar presentes en mínimas cantidades y no podrán ser detectados por los métodos de análisis, además que su tiempo de vida en el agua es muy limitada. Estos llegan a los cuerpos de agua a través de deyecciones intestinales; por lo tanto estos análisis se concentran en la investigación de ciertas especies bacterianas presentes en el intestino grueso del ser humano o de cualquier otro mamífero. (Ramírez, 2003)

Las especies bacterianas no son de naturaleza patógena, sin embargo se asocian a menudo con los organismos que sí lo son. La presencia de estas bacterias es un índice del grado de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua. Por lo tanto, si poseemos un grado de concentración bacteriana, podríamos tener una cantidad considerable de microorganismos patógenos lo que daría como resultado un agua insegura para ser consumida. Estas especies bacterianas tienen por denominación el "grupo coliforme". (Ramírez, 2003)

1) Grupo coliforme. El grupo coliforme está formado por las bacterias *escherichia coli* y *enterobacter aerogenes*. Un grupo conformado únicamente por bacterias del tipo "*enterobacter aerogenes*" se denomina grupo coliforme total. Mientras que si el grupo posee solo bacterias del tipo "*escherichia coli*" se le conoce como grupo coliforme fecal. (Ramírez, 2003)

El análisis utilizado para llevar a cabo este examen bacteriológico se basa en leyes probabilísticas, por lo tanto los resultados obtenidos se expresan por medio de un índice denominado "Número Más Probable" (NMP). (Ramírez, 2003)

B. Metodología

1. Elaboración del inventario de pozos

a. Fase inicial

1) Recopilación de información básica. La fase inicial del objetivo anteriormente citado se llevó a cabo mediante la recopilación de información teórica acerca de los pozos y todas las características de los mismos. Esto con el objetivo de tener un panorama amplio y claro sobre este tema. Las fuentes principales de información utilizadas para esta fase fueron tesis y estudios desarrollados por las distintas universidades de Guatemala.

El siguiente paso para el desarrollo de esta fase inicial consistió en la adquisición de bases de datos en forma digital, en mapas o en hojas de cálculo. Esto con el objetivo de saber si existía información anterior sobre el tema de pozos en dicha área. La información pudo ser obtenida en organizaciones como: el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

b. Fase de campo. La fase de campo para el desarrollo de este objetivo consistió en el levantamiento de los pozos existentes mediante la visita al área de trabajo. La forma de obtener información varió dependiendo del tipo de pozo analizado. El área de interés cuenta con dos tipos de pozos, los cuales son: Artesanales y Mecánicos. La obtención de las coordenadas para ambos tipos de pozos se llevó a cabo mediante la utilización de una aplicación de celular que provee información sobre la longitud, latitud y altitud del lugar donde se encuentre el dispositivo.

1) Recopilación de información sobre pozos artesanales. La información sobre los pozos artesanales existentes en el área de estudio no pudo obtenerse mediante fuentes de información teórica. Por ello, se necesitó la visita al área de interés para poder entrevistar a los guardianes de las fincas que poseían información valiosa de cada pozo. Los datos obtenidos por cada pozo fueron:

- Localización.
- Profundidad.
- Altura de agua.
- Latitud.
- Longitud.
- Altitud o metros sobre el nivel del mar.

2) Recopilación de información sobre pozos mecánicos. La recopilación de información sobre los pozos mecánicos presentes en el área de estudio fue más complicada que la de los pozos artesanales. Los pozos mecánicos son elaborados por empresas privadas debido a sus dimensiones y profundidad. Es por ello que los guardianes de las fincas no poseen información tangible sobre este tipo de

pozos. Por lo tanto, se procedió a la toma de los datos accesibles debido a esta limitante. La visita de campo ayudó a la toma de los siguientes datos:

- Localización.
- Latitud.
- Longitud.
- Altitud o metros sobre el nivel del mar.

La información que poseen las empresas privadas sobre los pozos mecánicos, fue obtenida mediante la comunicación con los dueños de los mismos. Las empresas que se dedican a la elaboración de pozos poseen políticas estrictas sobre la confidencialidad de los datos, es por ello que la información de los mismos es única y exclusiva de los dueños. Los datos obtenidos mediante la entrevista de los dueños de los pozos fueron:

- Nivel estático del agua.
- Profundidad.

c. Fase final. La fase final de este objetivo consistió en el mapeo de toda la información que se recopiló sobre los pozos presentes en el área de estudio. La utilización del programa QGis fue de vital importancia para realizar el mapeo. Se utilizaron las coordenadas obtenidas de cada pozo para poderlo posicionar en el mapa que se elaboró. Además, toda la información recopilada se introdujo al programa como un atributo del pozo; esto con el objetivo de tener todos los datos resumidos para cada pozo por si se necesita consultar alguna información. Por último, se creó un "layout" que es una presentación final del mapa con toda la información necesaria para que pudiera ser interpretado por cualquier persona que lo vea.

2. Determinación y mapeo de las zonas favorables para la recarga hídrica

a. Fase inicial

1) Recopilación de información básica. La fase inicial para la determinación y mapeo de las zonas favorables para la recarga hídrica inició con la recopilación de información básica para cumplir este objetivo. Las fuentes de información consultadas fueron tesis y estudios desarrollados por organizaciones no gubernamentales. El propósito de esta acción fue para poderse empapar en el tema y poder desarrollar un criterio al momento de tomar decisiones.

La utilización de un documento sobre la determinación de zonas de recarga hídrica fue de vital importancia para cumplir este objetivo. El documento tiene por nombre "*Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*" y fue desarrollado en Costa Rica. Este documento describe una metodología práctica que proporciona una idea clara sobre posibles zonas de recarga hídrica. Por lo tanto, se utilizó como base para el desarrollo del presente trabajo.

b. Fase de campo. La fase de campo consistió en la determinación de los factores utilizados para evaluar las zonas potenciales de recarga hídrica. Estos factores fueron: Precipitación, Topografía, Geología, Cobertura Vegetal, Tipo de Suelo y Uso de Suelo. Además, se procedió a la recopilación de información sobre estos factores en forma de mapa.

La elaboración de "Tablas de Ponderación" para cada parámetro evaluado fue el siguiente paso a tomar. Estas tablas fueron desarrolladas tomando como base los cuadros de ponderación propuestos en el documento anteriormente mencionado. Sin embargo, dichos cuadros fueron adaptados a las condiciones del área de interés. Los cuadros de ponderación que se muestran a continuación poseen un valor mínimo de uno y un valor máximo de cinco. Dependiendo de las características de la zona evaluada, su ponderación oscila entre ese rango.

1) Precipitación. La precipitación es un factor determinante para la recarga hídrica, ya que sin agua no existe tal proceso. Este parámetro se pudo medir mediante a la utilización del mapa "Isoyetas Medias Anuales" elaborado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh). La tabla de ponderación para esta variable se elaboró sin poseer antecedentes propuestos en el documento utilizado como base para esta metodología y quedó de la siguiente manera.

Cuadro 49: Tabla de ponderación para la precipitación.

Precipitación	Posibilidad de recarga	Ponderación
Precipitación media anual que se encuentra en el rango (3,000 - 4,000] mm.	Muy alta	5
Precipitación media anual que se encuentra en el rango (2,000 - 3,000] mm.	Alta	4
Precipitación media anual que se encuentra en el rango (1,500 - 2,000] mm.	Moderada	3
Precipitación media anual que se encuentra en el rango (1,000 - 1,500] mm.	Baja	2
Precipitación media anual menor o igual a 1,000 mm.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

2) Topografía. El parámetro de la topografía del área de interés se evaluó mediante la utilización del mapa de topografía que se mostró con anterioridad. Este mapa es de elaboración propia mediante la utilización de los programas Global Mapper, Civil 3D y QGis. Al momento de tener el mapa de curvas a nivel se procedió a la elaboración de un análisis de pendientes que se utilizó para ponderar los puntos evaluados. La taba de ponderación es de elaboración propia utilizando como referencia el "Método Drastic" para la evaluación de vulnerabilidad. (Martínez, Delgado, Fabregat, 1998). La tabla de ponderación para este parámetro quedó de la siguiente manera:

Cuadro 50: Tabla de ponderación para la topografía.

Microrrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Microrrelieve que posee áreas que van desde planas a casi planas.	[0 - 5]	Muy alta	5
Microrrelieve que es moderadamente cóncavo.	(5 - 10]	Alta	4
Microrrelieve ondulado o cóncavo.	(10 - 15]	Regular	3
Microrrelieve moderadamente empinado.	(15 – 20]	Baja	2
Microrrelieve abrupto o empinado.	> 20	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

3) Geología. La geología es de vital importancia para la recarga subterránea del agua en los acuíferos. La tabla de ponderación de este parámetro se elaboró en base al documento anteriormente citado. La utilización del mapa que se mostró anteriormente fue de vital importancia para poder clasificar el tipo de geología presente en el área de interés. Se investigaron las propiedades de permeabilidad de los distintos tipos de rocas presentes en la zona para poder clasificarlas en las categorías de la tabla de ponderación. El cuadro utilizado para ponderar quedó de la siguiente manera:

Cuadro 51: Tabla de ponderación para la geología.

Geología	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por agregados gruesos con macroporos interconectados. Por ejemplo: arena gruesa, piedra pómez o grava.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por agregados medianos con poros interconectados o roca con fracturas conectadas. Por ejemplo: arena fina, arenisca con poca cementación.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables con regular interconexión entre los poros. Presencia de moderada cantidad de fracturas interconectadas.	Regular	3
Rocas poco permeables, constituidas por partículas finas, presencia de pocas fracturas interconectadas, moderadamente compactadas.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, con partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

4) Cobertura vegetal. La cobertura vegetal fue otro de los parámetros tomados en cuenta para evaluar el potencial de recarga hídrica. El cuadro de ponderación se elaboró desde cero debido a que la tabla propuesta en el documento no era compatible con la situación de la zona de estudio. Se utilizó como base el mapa elaborado de cobertura vegetal para crear una tabla que fuera acorde con la situación de la zona de interés. El criterio para determinar las categorías de la tabla de ponderación fue el del recubrimiento que la vegetación posee en el área, debido a que la infiltración está estrechamente ligada con esta característica. El cuadro utilizado fue el siguiente:

Cuadro 52: Tabla de ponderación para la cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque muy denso que posee todo tipo de vegetación. Además, cuenta con árboles de 3 metros o más de altura. El recubrimiento del terreno donde se encuentra es de por lo menos el 70%.	Muy alta	5
Bosque denso que posee todo tipo de vegetación. Además cuenta con árboles de 3 metros o más de altura. El recubrimiento del terreno donde se encuentra está en el rango de [50% - 70%)	Alta	4
Terreno con una cantidad moderada de árboles con 3 metros menos de altura y algún tipo de vegetación de baja altura como lo son los matorrales. El recubrimiento del terreno donde se encuentra es mínimo.	Moderada	3
Terreno con plantaciones de cualquier tipo; como por ejemplo: café, maíz, caña de azúcar o bambú. El tratamiento del suelo no es sostenible ni favorable para la recarga.	Baja	2
Terreno muy erosionado con poca cantidad de vegetación. El recubrimiento vegetal es casi nulo. Existen algunos árboles demasiado dispersos como para aportar a la retención de agua.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

5) Tipo de suelo. El tipo de suelo es un parámetro importante para la determinación de la posibilidad de infiltración superficial. El cuadro utilizado para la ponderación de esta característica se elaboró tomando como base la tabla propuesta en el documento utilizado como referencia. Esto se llevó a cabo de esta manera debido a que las características del suelo que facilitan la infiltración son las mismas en cualquier parte del mundo. Por lo tanto, se comparte la opinión de que suelos arenosos son más favorables para la recarga que suelos arcillosos. La tabla que se utilizó para ponderar los parámetros fue la siguiente:

Cuadro 53: Tabla de ponderación para el tipo de suelo.

Tipo de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos arenosos con texturas muy gruesas y tamaño de agregados o partículas grandes. Con muy rápida capacidad de infiltración.	Muy alta	5
Suelos con texturas gruesas. Compuestos en su mayoría por arenas, pero con una ligera presencia de limos y arcillas. Con rápida capacidad de infiltración.	Alta	4
Suelos limosos, con partículas de tamaño medio. Poseen moderada capacidad de infiltración.	Moderada	3
Suelos arcillosos. Compuestos por una mezcla entre limos y arcillas. Este tipo de suelos es pesado y con lenta capacidad de infiltración.	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas y compactadas. Con muy lenta capacidad de infiltración.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

6) Uso de suelo. El uso del suelo es un parámetro importante en la determinación de las zonas favorables para la recarga hídrica. La tabla de ponderación utilizada para evaluar este parámetro es de elaboración propia, esto debido a que el uso del suelo depende en gran medida del lugar analizado. Es por ello que se intentó elaborar un cuadro que fuera acorde con las características propias del área de estudio. Este cuadro se elaboró utilizando como base el mapa de uso del suelo cuya creación se describió con anterioridad. La tabla de ponderación utilizada para la evaluación de este parámetro fue la siguiente:

Cuadro 54: Tabla de ponderación para el uso del suelo.

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque denso en donde se pueden encontrar árboles, arbustos, matorrales o zacate. Posee un recubrimiento amplio y no existe presencia de urbanizaciones cercanas.	Muy alta	5
Plantaciones de árboles de pino que poseen un orden específico. Existen pocas viviendas que están destinadas a los guardianes.	Alta	4
Uso mixto de la tierra. Áreas en donde hay presencia de bosques densos, sin embargo; hay cierto grado de urbanización. También puede presentarse algún tipo de plantaciones agrícolas, como plantaciones de café.	Moderada	3
Terrenos que son destinados para plantaciones ya sean de café o caña. Estos terrenos poseen cierto grado de conservación del suelo y el agua.	Baja	2
Área destinada exclusivamente para vivienda popular. El suelo en su mayoría está destinado para urbanizaciones.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia.

c. Fase final. La fase final para el cumplimiento del presente objetivo consistió en relacionar toda la información recolectada y las ponderaciones obtenidas de los distintos parámetros evaluados. Dicha información se plasmó en un mapa para que pudiera ser interpretada de una mejor manera por las personas que observen los resultados de dicho estudio. Además, se elaboró un perfil de las columnas de agua presentes en los pozos para determinar si existe alguna relación o patrón en cuanto a la presencia de agua en la zona.

1) Determinación del potencial de recarga hídrica. La determinación del potencial de recarga hídrica se llevó a cabo mediante la relación de los parámetros evaluados. La evaluación de los parámetros se hizo en distintos puntos presentes en el área de estudio. Esta relación se estableció mediante la implementación de la siguiente ecuación:

$$ZR = 0.21(PR) + 0.28(Pend) + 0.21(US) + 0.1(TS) + 0.1(TR) + 0.1(CV)$$

Donde:

ZR = zona de recarga.

PR = precipitación.

Pend= pendiente y microrrelieve.

US= uso del suelo.

TS = tipo de suelo.

TR= tipo de roca.

CV= cobertura vegetal.

La ecuación anteriormente citada fue elaboración propia, cuyo origen radica en la experiencia y relación con el área de interés. La idea de la ecuación se basa en dividir los parámetros en dos grupos: los que afectan directamente a la recarga hídrica y los que lo hacen en una menor medida. La precipitación, la topografía y el uso del suelo; fueron los parámetros que por criterio propio son los que poseen más peso para la determinación de zonas favorables para la recarga hídrica. Esto debido a que la precipitación y la topografía están íntimamente ligadas, de tal manera que si existe mucha precipitación sobre un área con pendientes muy pronunciadas no se dará el proceso de infiltración; sin embargo, si llueve en una medida baja pero el relieve es plano, dicha agua tendrá grandes posibilidades de infiltrarse.

En cuanto a los elementos del tipo de suelo, geología y cobertura vegetal son importantes para este proceso; sin embargo, la información obtenida sobre ellos fue mediante mapas elaborados a macro escala. Para determinar con exactitud la geología y el tipo de suelo se deben hacer perforaciones. El poseer estudios de suelo que sean representativos del área de interés podrá ser una razón suficiente para cambiar el peso en la ponderación de la ecuación anteriormente mostrada; esto con el objetivo de obtener un mapa más preciso.

La determinación de la posibilidad de recarga hídrica se llevó a cabo mediante el uso de una tabla con los posibles resultados obtenidos luego de implementar la ecuación anteriormente citada. Se utilizó como base la tabla propuesta en el documento de referencia, pero se modificó para poder tener rangos mucho más estandarizados y fáciles de manejar. El cuadro utilizado para llegar a conclusiones acerca de la posibilidad de recarga fue el siguiente:

Cuadro 55: Tabla de posibilidad de recarga hídrica.

Posibilidad de recarga	Posibilidad de recarga
Muy alta	(4 - 5]
Alta	(3.5 - 4]
Moderada	(3 - 3.5]
Baja	(2 - 3]
Muy baja	(1 - 2]

Fuente: Elaboración propia.

2) Mapeo de las zonas favorables para la recarga hídrica. El mapeo de las zonas favorables para la recarga hídrica se llevó a cabo mediante la elaboración de un cuadro que contenía toda la información de los puntos escogidos para el estudio. Esta tabla poseía las ponderaciones de cada punto dependiendo del parámetro que se iba evaluando. Al final del mismo se podía encontrar el valor obtenido luego de aplicar la ecuación anteriormente citada. El siguiente paso fue el de guardar dicho archivo como un "CSV" separado por comas. Esto con el objetivo de poderlo importar al programa Qgis y tener toda la información en una capa.

La información importada en el programa Qgis fue utilizada para poder elaborar el mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. El siguiente paso fue el de hacer una interpolación que abarcaba el área de estudio. El tipo de interpolación utilizada para este objetivo fue la de "Ponderación inversa a la distancia" o mejor conocida como "IDW". Por último, se hicieron los arreglos necesarios para poder crear el mapa que posee la información recolectada durante el presente trabajo y se creó un "layout" que es una presentación final del mapa con toda la información necesaria para que pudiera ser interpretado por cualquier persona que lo vea.

3) Análisis de sensibilidad de la relación del potencial de recarga hídrica. El análisis de sensibilidad de la "relación del potencial de recarga hídrica" se realizó con el objetivo de plantear dos escenarios que pudieran corroborar que la ecuación anteriormente planteada, en la cual se propone a la topografía como el parámetro más importante, no condicionara de una manera drástica los resultados mostrados en el mapa.

El primer escenario planteado fue el que se muestra con anterioridad y es el que por criterio propio se toma como el más importante y el cual se corroboró. El segundo escenario consiste en darle el mayor peso de ponderación al parámetro de cobertura vegetal, ya que también es crítico para la recarga. El tercer escenario consistió en darle mayor valor a la ponderación perteneciente al parámetro de uso de suelos. A continuación se muestran las ecuaciones utilizadas para llevar a cabo el análisis de sensibilidad.

$$ZR = 0.20(PR) + 0.20(Pend) + 0.10(US) + 0.1(TS) + 0.1(TR) + 0.30(CV)$$

Donde:

ZR = zona de recarga.

PR = precipitación.

Pend= pendiente y microrrelieve.

US= uso del suelo.

TS = tipo de suelo.

TR= tipo de roca.

CV= cobertura vegetal.

$$ZR = 0.20(PR) + 0.20(Pend) + 0.30(US) + 0.1(TS) + 0.1(TR) + 0.10(CV)$$

Donde:

ZR = zona de recarga.

PR = precipitación.

Pend= pendiente y microrrelieve.

US= uso del suelo.

TS = tipo de suelo.

TR= tipo de roca.

CV= cobertura vegetal.

4) Determinación de la cobertura de los pozos existentes. La determinación de la cobertura poblacional de demanda de agua para los pozos existentes se llevó a cabo dependiendo del tipo de pozo con el que se contará. Se separaron las dos categorías para realizar los cálculos requeridos. La dotación definida para esta zona del país fue de 180 L/hab*día. Esto es debido a las condiciones climáticas y socioeconómicas del área de estudio.

La categoría de pozos artesanales se analizó mediante la información obtenida por parte de los guardianes. Ellos mencionaban la cantidad de cubetas que utilizaban diariamente para suplir las necesidades del lugar. Con esta información se determinó el caudal demandado durante el día. Al momento de tener esta información se procedió a sumar los caudales utilizados diariamente por todos los pozos artesanales del lugar, para tener un caudal total perteneciente a esta categoría. Utilizando esta información y la dotación planteada con anterioridad, se determinó la cobertura o cantidad de habitantes que pueden ser abastecidos por este tipo de fuente de agua.

La categoría de pozos mecánicos fue analizada mediante a la información obtenida en las fichas de información proporcionadas por los terratenientes. Allí se muestra una producción medida en galones por minuto, la cual fue analizada al momento de perforar el mismo. Debido a que han pasado varios años, se decidió delimitar tal producción a un máximo de 120 galones por minuto. Además, se asumió un tiempo de bombeo de ocho horas diarias. Esto permitió estar del lado conservador al momento de realizar los cálculos. Utilizando el tiempo de bombeo y la producción de todos los pozos mecánicos presentes en el lugar se calculó el caudal total proporcionado por esta fuente de agua. Con la dotación antes mencionada y el caudal, se determinó la cobertura o cantidad de habitantes que pueden ser abastecidos por los pozos mecánicos presentes en el área de estudio.

5) Perfil. El perfil sobre las columnas de agua presentes en los pozos se realizó mediante la recopilación de toda la información posible. Los parámetros principales para la elaboración de este gráfico fueron:

- Tipo de pozo.
- Metros sobre el nivel del mar.
- Nivel de agua.

La información sobre el tipo de pozo y la altitud pudo obtenerse de la base de datos creada para el cumplimiento del objetivo anterior. Mientras que el nivel de agua se tuvo que calcular mediante la ecuación:

$$NA = MSNM - Al$$

Donde:

NA = nivel de agua.
MSNM = metros sobre el nivel del mar.
Al= nivel estático del agua.

Al momento de poseer toda la información necesaria se procedió a graficarla en Excel para poder ver el comportamiento de las columnas de agua. Se identificó el tipo de pozo en la tabla elaborada para la graficar la información. Esto se hizo con el objetivo de analizar si únicamente existía limitación de agua en capas superficiales o si dicha restricción estaba presente en capas subterráneas.

3. Determinación de la calidad de agua

a. Fase inicial. La fase inicial en la determinación de la calidad del agua que se extrajo de algunos pozos y de diferentes partes del rio de interés para la recopilación de información sobre este tema. El objetivo de esta acción radicó en que de esta manera la persona que observe los resultados de los distintos exámenes sea capaz de interpretarlos. Las fuentes de información que se utilizaron para completar esta primera fase fueron tesis y documentos desarrollados por distintas entidades, además de la utilización de la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO 29 001 99 para agua potable. La norma anteriormente mencionada se utilizó para definir los límites: "Máximo Permisible" y "Máximo Aceptable"; los cuales deberían ser utilizados como referencia para el análisis de los resultados proporcionados por las distintas empresas que se encargan de hacer dichos exámenes.

b. Fase de campo. La fase de campo para el cumplimiento del objetivo anteriormente citado consistió en la toma de muestras de agua en distintos pozos que funcionan actualmente y de diferentes puntos del rio de interés. Los exámenes que se evaluaron fueron el bacteriológico y el fisicoquímico. La metodología para la obtención de muestras es igual, independientemente del examen realizado; sin embargo, las muestras poseen cuidados que son específicos para cada examen. Es recomendable hacerla dentro de las 24 horas a las que hayan sido tomadas.

1) Muestreo de un grifo o de una salida de una bomba. El primer paso para la toma de muestras en grifos consistió en tener la precaución de que éste se encontrara conectado directamente a la red de distribución y sin accesorios. Además, se revisó que no tuviera ningún tipo de fugas. (Aurazo, 2004)

1. Se utilizó un trapo limpio para poder remover del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida. Se abrió el grifo hasta que éste alcanzara su flujo máximo y luego se dejó correr el agua durante dos minutos. Esto se realizó ya que ayuda a limpiar la salida del grifo y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.
2. Se procedió a abrir el frasco utilizado para el muestreo. Quitando cualquier sistema de protección del mismo de una manera apropiada para no arruinarlo. En el caso de las botellas de vidrio poseen cubiertas protectoras de papel.
3. Se llenó el frasco, manteniendo la tapa y la cubierta protectora hacia abajo. Esto para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos.
4. Se dejó un espacio de aire que aproximadamente es un tercio del frasco. Esto con el objetivo de ayudar a facilitar la agitación de la muestra antes del análisis.
5. Se colocó el tapón al frasco y se selló para evitar cualquier tipo de contaminación.

2) Consideraciones especiales para las muestras. Las muestras destinadas al análisis físico-químico pueden ser recolectadas frascos o bolsas especiales. Estos recipientes deben ser enjuagados tres veces consecutivas antes de tomar la muestra definitiva. La capacidad recomendable de las mismas es de un galón para poder tener material suficiente en caso de ser necesaria la repetición de una prueba. Estas muestras pueden ser transportadas a temperatura ambiente ya que este factor no altera los resultados del análisis. (Aurazo, 2004)

Las muestras para el análisis bacteriológico deben ser tomadas en envases esterilizados de boca ancha y tapón hermético esmerilado, cuya capacidad mínima debe ser de 100 mililitros. Las muestras deben ser transportadas en condiciones de refrigeración. Por lo que las cajas utilizadas para transportarlas deben tener hielo o algún gel refrigerante. (Aurazo, 2004)

c. Fase final. La fase final del objetivo antes mencionado consistió en la obtención y análisis de los resultados pertenecientes a los exámenes bacteriológicos y fisicoquímicos. Debido a que las muestras de agua no se tomaron en todos los pozos, esto ayudó a tener una idea de la calidad de agua que reciben las personas, pero en términos generales. Con la ayuda de la parte teórica y del conocimiento de los límites permitidos por las normas guatemaltecas; se determinó y diagnosticó la situación actual de la calidad de los recursos hídricos de esa área.

C. Resultados

En el área de estudio se encuentra un río perenne el cual se ha estudiado a lo largo del año dando como resultados de su cuenca y caudal lo siguiente:

1. Resultados del análisis de la cuenca

Cuadro 56: Análisis de la cuenca.

Análisis de la cuenca					
Río principal			Elevación (m)		Longitud
	Perímetro (km)	Área (km^2)	Alto (m)	Bajo (m)	km
Río Santa Elena	11.83	9.79879	1575.0	1195.0	2.9820

Fuente: Elaboración propia.

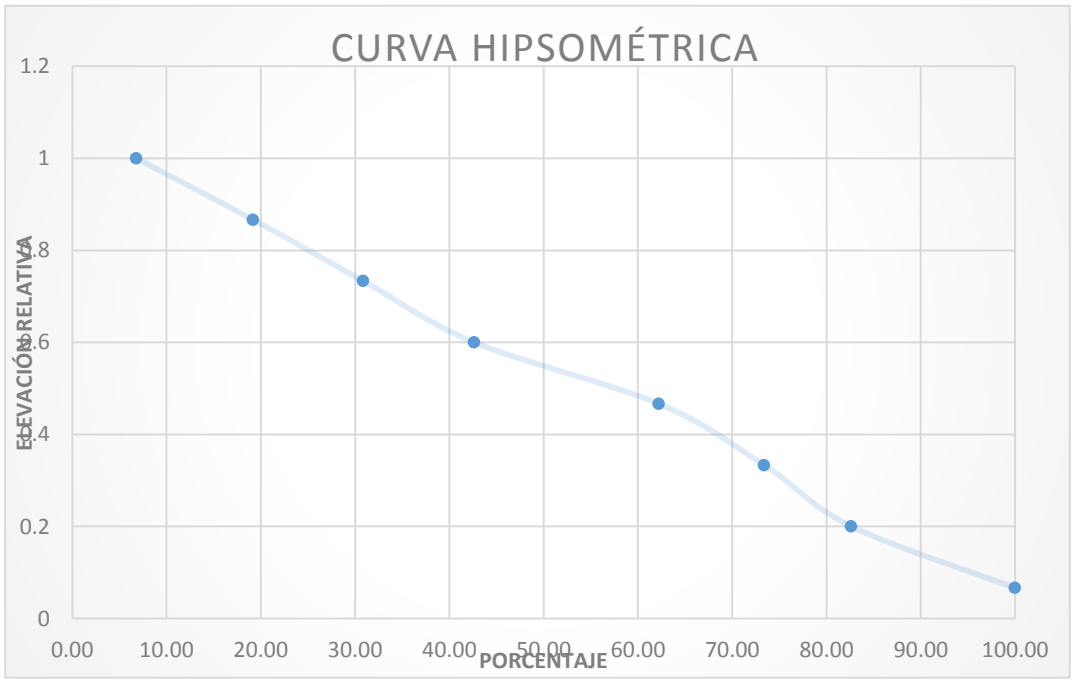
Cuadro 57: Parámetros de la cuenca.

No.	Atributo		Unidades
1	Flujo	S a N	
2	Área	9.7988	km^2
3	Perímetro	11.8370	km
4	Longitud de la cuenca	3.967325	km
5	Longitud del cauce principal	2.9820	km
6	Coeficiente de compacidad kc	1.07	
7	Coeficiente de forma kf	0.62	
8	Ancho de la cuenca	2.47	km
9	Orden de corriente	Primer orden	
10	Densidad de drenaje	0.30	km/km^2
11	Curva hipsométrica	Ilustración	
12	Pendiente media del cauce	12.74	%
13	Perfil longitudinal del cauce	Ilustración	
14	Tiempo de concentración	20.52	Min.

Fuente: Elaboración propia.

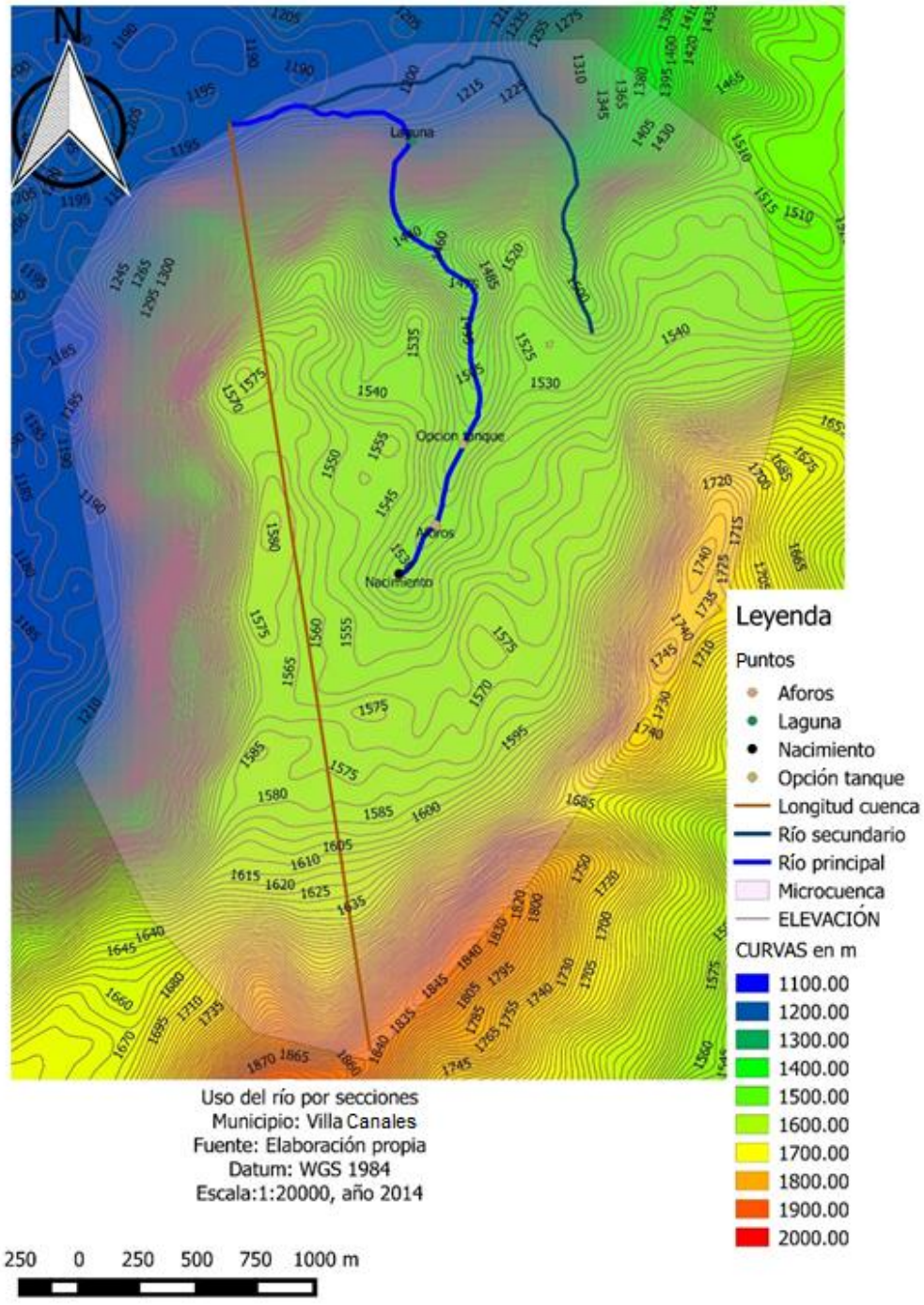
Con la información provista por el Cuadro 57, se puede indicar que en el área de estudio existe una microcuenca endorreica con un ancho de 9.79 km^2, largo de 3.96 km, tiene diferencia de niveles de 380 m, con un factor de forma (kf) de 0.62, un factor de compacidad (kc) de 1.07, una pendiente media del 6.9% y un tiempo de concentración de 41.65 minutos.

Ilustración 103: Curva hipsométrica de la cuenca de estudio.



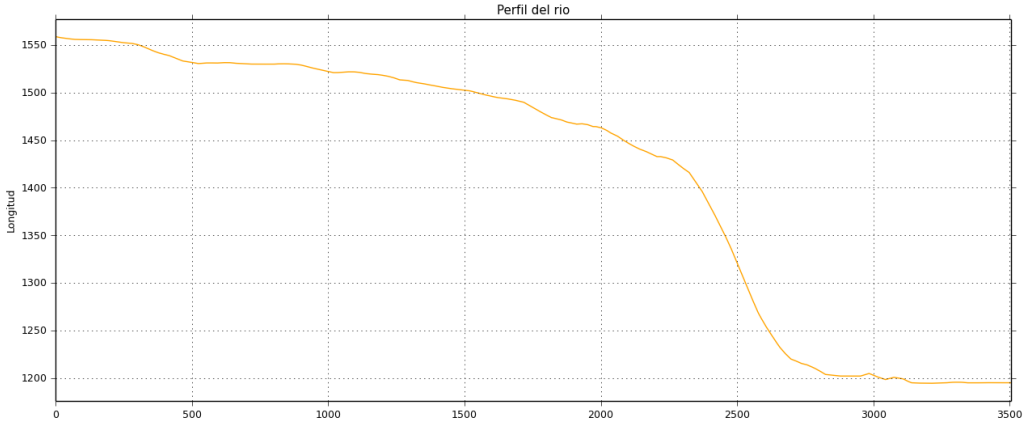
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 104: Cuenca del área de interés.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 105: Perfil del río de interés.



Fuente: Elaboración propia.

2. Resultados de los aforos del río de interés

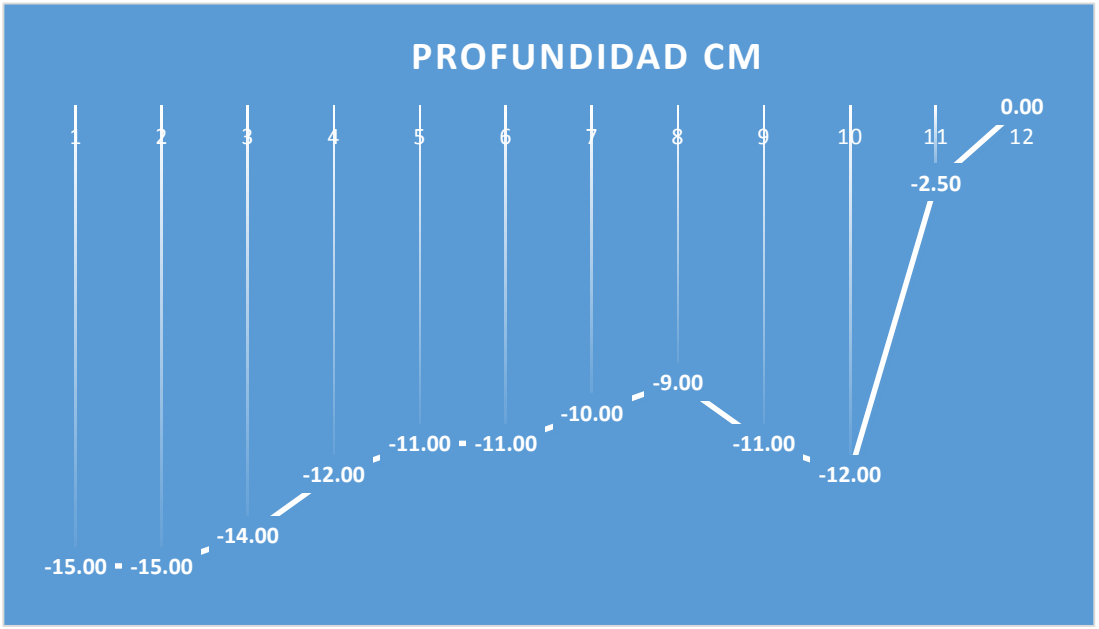
Cuadro 58: Caudales medidos.

Medidas de los caudales			Caudal		
Sección	Número de aforo	Mes	m^3/s	l/s	Gal/min
A	1	Noviembre	0.042913	42.9	680
B	2	Febrero	0.027858	27.8	441
C	3	Marzo	0.048670	48.6	771
D	4	Abril	0.01298	13	206
E	5	Mayo	0.013320	13.3	211
F	6	Junio	0.020574	20.5	326
G	7	Julio	0.035589	35.5	564
H	8	Agosto	0.023502	23.5	372
Caudal promedio a la fecha:			0.028178	28.1	446

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones de los caudales mensuales y la sección medida de cada mes se pueden observar en los anexos para tener la idea de cada sección del mes medida, a continuación se puede observar un ejemplo de sección del río del mes de julio.

Ilustración 106: Sección del río de julio 2014.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de análisis bacteriológico y físico químico para el agua superficial se encuentran en la sección de anexos.

3. Elaboración del inventario de pozos

a. Mapa del inventario de pozos. La creación de la base de datos para el inventario de pozos existentes en el área de interés, dio como resultado un mapa que muestra la presencia de catorce pozos. Vale la pena mencionar que los pozos mapeados no son los únicos presentes en la zona de estudio, estos representan únicamente al grupo de pozos existentes en fincas que proporcionaron la facilidad de información y permisos de medición. En la parte de "Anexos" se agrega un cuadro detallado con la información que se tomó en campo, en algunos casos se cuenta con fotografías para poder tener una base de datos más completa; sin embargo, en los lugares que no se cuenta con fotografías es debido a que los dueños exigieron cierto grado de privacidad. A continuación se muestra una tabla que proporciona la información general de cada pozo.

Cuadro 59: Información general de los pozos evaluados.

No.	Localización	Coordenada X	Coordenada Y	Profundidad (m)	Altitud (m)	Nivel del agua (m)
1	Finca Santa Elena del Lago	-90.518378	14.433491	250.00	1,542	1,343.52
2	Finca Santa Elena del Lago	-90.517697	14.433081	365.85	1,540	1,296.10
3	Finca Estanzuela	-90.527644	14.41883	39.33	1,585	0.00
4	Finca Estanzuela	-90.527113	14.418797	45.73	1,592	1,550.27
5	Finca Las Delicias	-90.525461	14.423952	27.44	1,568	0.00
6	Finca Las Delicias	-90.522255	14.424698	67.68	1,552	1,487.06
7	Finca Nueva Esperanza	-90.513046	14.437953	253.05	1,537	1,323.59
8	Finca Santa Elena del Lago	-90.525189	14.422804	402.44	1,550	0.00
9	Finca La Loma	-90.525297	14.428204	295.73	1,530	1,380.30
10	Finca Portero Largo	-90.519898	14.427124	250.00	1,550	1,351.52
11	Finca el Recreo	-90.51709	14.436952	253.05	1,565	0.00
12	Santa Elena Barillas	-90.536421	14.413624	298.78	1,625	1,403.66
13	Km. 25 carretera al Pacífico	-90.523461	14.448939	231.71	1,200	1,045.43
14	Finca Las Delicias	-90.522416	14.424588	67.68	1,555	0.00

Fuente: Elaboración propia.

b. Mapa de los tipos de pozos. El mapa de los tipos de pozos presentes en el área de interés es un aporte primordial para poder identificar qué pozos son los que obtienen agua de capas superficiales y cuáles trabajan obteniendo el agua de estratos subterráneos. La información obtenida sobre los pozos refleja que actualmente existen nueve pozos mecánicos y cinco artesanales. Existen diversas razones por las cuales la tendencia es la elaboración de pozos mecánicos en lugar de los pozos artesanales. Estas razones son:

- Existe un mayor control sobre las características del pozo.
- El nivel de agua en este lugar es muy limitado en estratos superficiales.

Los pozos artesanales presentes fueron elaborados hace muchos años, pero siguen funcionando. Actualmente son pocos los pozos artesanales que se han creado.

A continuación se muestra una tabla con la información que se utilizó para clasificar los pozos anteriormente mapeados.

Cuadro 60: Información sobre el tipo de pozo de los puntos evaluados.

No.	Tipo de pozo	Localización
1	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago
2	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago
3	Artesanal	Finca Estanzuela
4	Artesanal	Finca Estanzuela
5	Artesanal	Finca Las Delicias
6	Artesanal	Finca Las Delicias
7	Mecánico	Finca Nueva Esperanza
8	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago
9	Mecánico	Finca La Loma
10	Mecánico	Finca Portero Largo
11	Mecánico	Finca el Recreo
12	Mecánico	Santa Elena Barillas
13	Mecánico	Km. 25 Carretera al Pacífico
14	Artesanal	Finca Las Delicias

Fuente: Elaboración propia.

c. Mapa de la clasificación de pozos según producción. El mapa que contiene la clasificación de los pozos según la producción de los mismos es de vital importancia, ya que puede ayudar a tener una idea de qué lugar es bueno para hacer futuras perforaciones. En el área de interés se pudo observar que cinco pozos son secos, de los cuales tres son artesanales y dos son mecánicos. Por lo tanto, nueve de los pozos tienen una producción de agua que va desde regular hasta muy buena. Siete de estos pozos son mecánicos y tan solo dos de los mismos son artesanales.

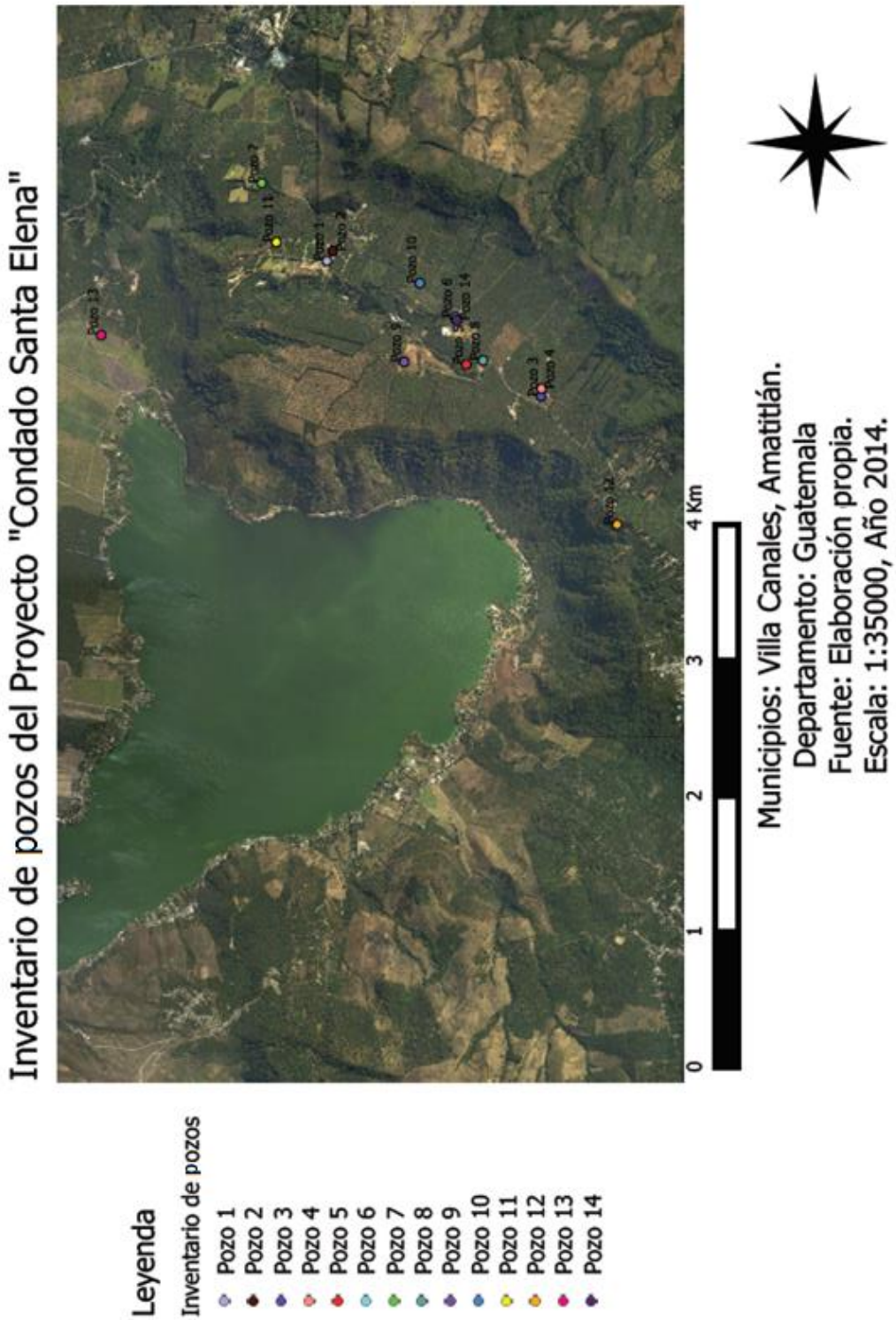
La información que se provee da indicios para pensar que el estrato superficial del área de interés cuenta con una cantidad limitada de agua. Por lo que idealmente se debería perforar hasta las capas subterráneas para la obtención de agua. De los pozos obtenidos, únicamente dos de los mismos son artesanales y tienen una producción estable de agua. Esto puede ayudar a muchos terratenientes a no invertir en pozos artesanales, ya que será en vano.

Cuadro 61: Información sobre el tipo de pozo según producción.

No.	Tipo de pozo	Localización	Nivel del agua (m)
1	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago	1,343.52
2	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago	1,296.10
3	Artesanal	Finca Estanzuela	0.00
4	Artesanal	Finca Estanzuela	1,550.27
5	Artesanal	Finca Las Delicias	0.00
6	Artesanal	Finca Las Delicias	1,487.06
7	Mecánico	Finca Nueva Esperanza	1,323.59
8	Mecánico	Finca Santa Elena del Lago	0.00
9	Mecánico	Finca la Loma	1,380.30
10	Mecánico	Finca Portero Largo	1,351.52
11	Mecánico	Finca el Recreo	0.00
12	Mecánico	Santa Elena Barillas	1,403.66
13	Mecánico	Km. 25 Carretera al Pacífico	1,045.43
14	Artesanal	Finca Las Delicias	0.00

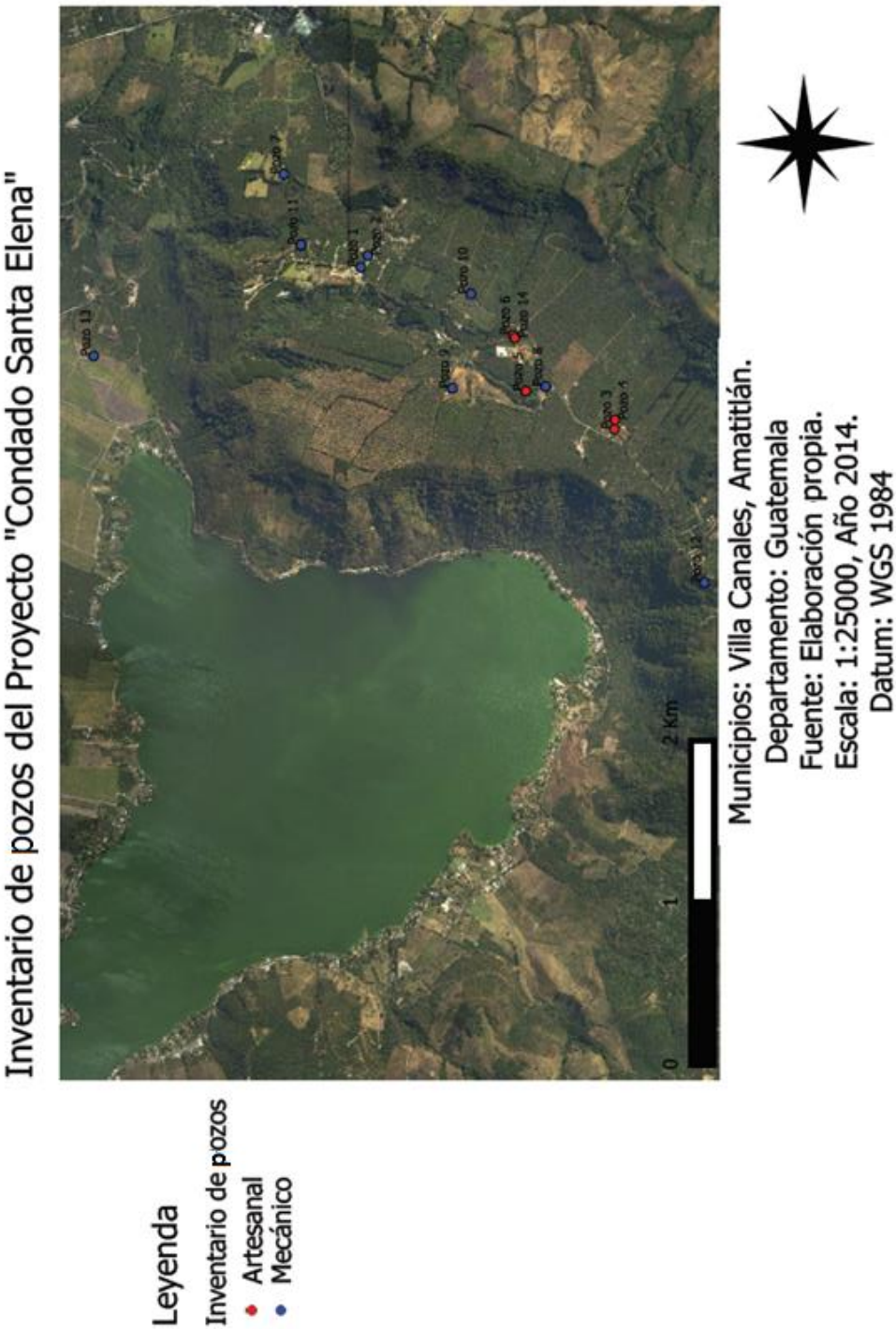
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 107: Mapa de inventario de pozos.



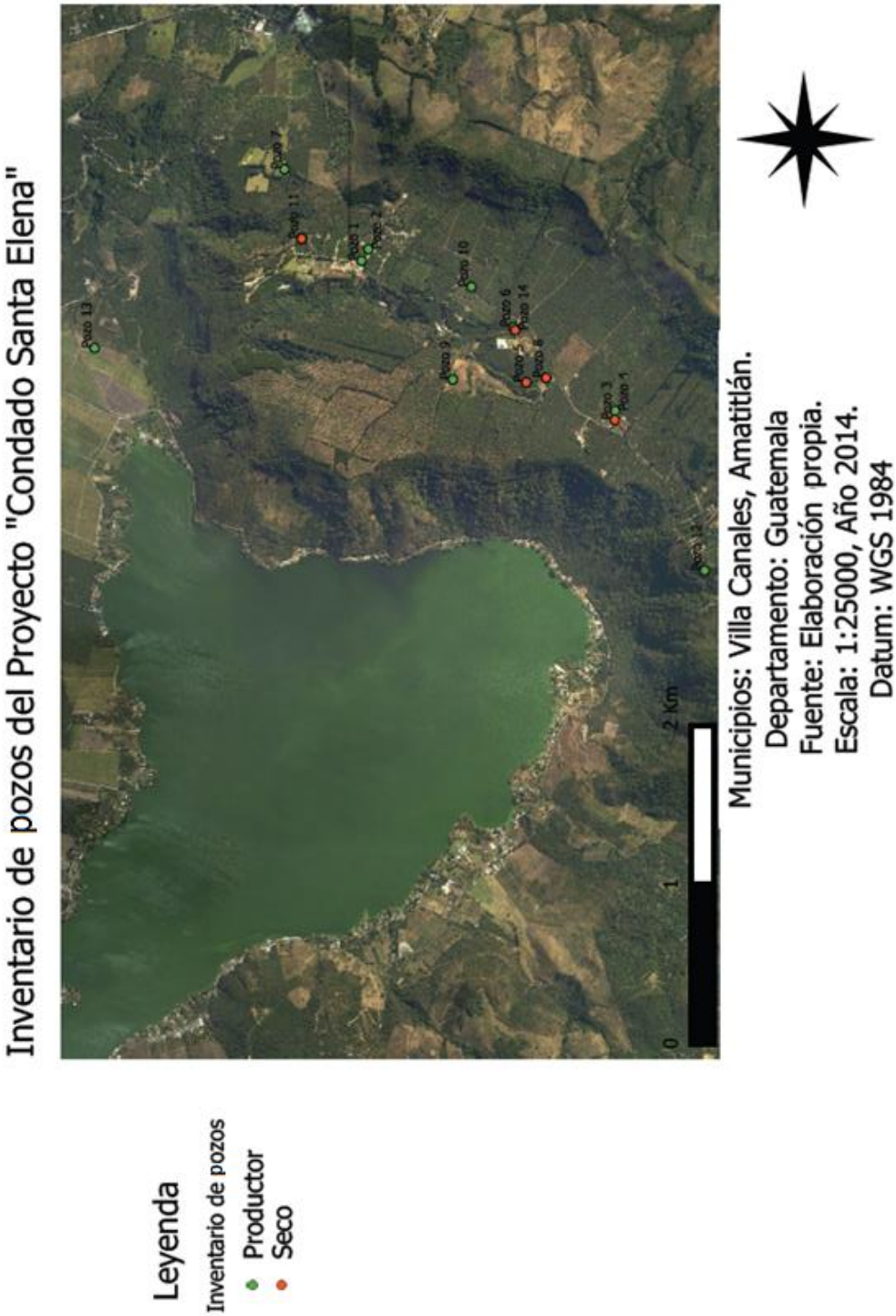
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 108: Mapa de inventario de pozos según tipo de pozo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 109: Mapa de inventario de pozos según producción del pozo.



Fuente: Elaboración propia.

4. Determinación y mapeo de las zonas favorables para la recarga hídrica

a. Mapa del análisis de pendientes. El análisis de pendientes se trabajó con el objetivo de tener un parámetro tangible para ponderar el aspecto topográfico que forma parte del modelo propuesto. Las pendientes, medidas en porcentaje, que forman parte del área de interés se encuentran en un rango de [0% - 50%]. Como se puede observar en el mapa, todos los pozos existentes se encuentran en lugares con pendientes bajas, lo que significa que son lugares planos.

b. Ponderación de los parámetros evaluados en los pozos. La ponderación de los parámetros anteriormente definidos se llevó a cabo en los puntos donde existen pozos, para poder corroborar las condiciones en las que se encuentran. Sin embargo, también se evaluaron los parámetros en distintos puntos distribuidos en toda el área de interés. Esto con el objetivo de poder tener un mapa lo más exacto posible y que la interpolación llevada a cabo fuese lo más cercana a la realidad. La tabla que contiene la totalidad de los puntos evaluados se encuentra adjunta en la sección de "Anexos" del presente trabajo.

La tabla resultante muestra que la mayoría de los pozos se encuentran en lugares con muy buenas condiciones para la recarga hídrica. Dos de ellos se encuentran en lugares con no tan buenas condiciones; uno está en un lugar con moderada posibilidad de recarga y el otro en un sector con bajas condiciones que sean favorables para la recarga. Por lo que se teóricamente todos los pozos deberían producir agua, ya que las condiciones en las que se encuentran son muy buenas.

c. Mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. El mapa que muestra las zonas favorables para la recarga hídrica posee los cinco tipos de zonas posibles, las cuales se definieron con anterioridad. La mayoría del área de estudio es moderadamente buena para la recarga hídrica. Existen muchas partes que poseen "baja" o "muy baja" posibilidad de recarga hídrica, que en su mayoría son las áreas con grandes pendientes y barrancos. Por último, se pueden observar regiones con "alta" o "muy alta" posibilidad de recarga hídrica. Estos lugares son áreas con poca pendiente y con poca distorsión por parte de la actividad humana. Vale la pena mencionar que muy pocas son las partes que poseen muy alta posibilidad de recarga hídrica y esto es lógico, ya que tanto la topografía del lugar como la intervención del ser humano, han provocado un desequilibrio en el proceso natural de recarga de acuíferos.

d. Análisis de sensibilidad de la relación del potencial de recarga hídrica. A continuación se muestran los mapas utilizados para realizar el análisis de sensibilidad para la relación del potencial de recarga hídrica.

e. Determinación de la cobertura de los pozos existentes. A continuación se muestra una tabla que contiene la información utilizada para determinar la cobertura de los pozos presentes en el área de estudio. Además, se presentan los cálculos realizados para llegar al resultado final.

f. Perfil de agua subterránea. El perfil de agua subterránea se llevó a cabo para complementar la información que provee el mapa de zonas favorables para la recarga hídrica. La sección inicia desde el pozo número 13 y se extiende hasta llegar al pozo número 12. Se puede observar que los pozos 11, 14, 5, 3 y 8 son los únicos que son secos. Sin embargo, todos estos se encuentran en un área que es favorable para la recarga hídrica. Por lo que vale la pena mencionar que el mapa de "zonas favorables para la recarga hídrica" no muestra los lugares en donde existe agua, éste únicamente proporciona información sobre áreas que poseen las condiciones ideales para que el proceso de infiltración pueda darse.

El perfil de agua subterránea muestra que los niveles de agua se encuentran en cotas muy parecidas, por lo que con más información se podría interpretar de mejor manera el comportamiento que poseen las reservas de agua subterránea. Además, se puede observar que las profundidades que se manejan para los pozos mecánicos en esta área se encuentran en un rango de [200 m – 400 m].

El pozo 11 se encuentra en un área que cuenta con las condiciones ideales para la recarga hídrica; sin embargo, no posee una producción de agua. Este pozo es del tipo mecánico, por lo que su alcance en profundidad le permite llegar a estratos subterráneos. La profundidad del mismo alcanza los 253 metros, este valor se encuentra dentro de las profundidades que normalmente se manejan para pozos mecánicos en esta área. Vale la pena mencionar que el pozo 11 se encuentra entre dos pozos mecánicos productores, los cuales son: el pozo 7 y el pozo 1. Cuyos niveles estáticos de agua se encuentran en cotas similares. Esto induce a pensar que probablemente si se hubiera continuado con la perforación hasta llegar a estratos un poco más profundos, podría haberse encontrado agua.

El área que abarca los pozos 14 y 5 posee muy buenas condiciones para que se dé la recarga hídrica. Estos son del tipo artesanal por lo que se supone que el nivel del agua podría haberse encontrado en capas subterráneas. El perfil de agua subterránea muestra una tendencia relacionada con los niveles de agua, la cual ayuda a sustentar esta suposición, ya que como se puede ver, la mayoría del agua se encuentra en capas subterráneas. Un dato muy curioso es que el pozo 14 se encuentra al lado del pozo 6, el cual tiene una producción muy buena de agua. Las personas que cuidan el lugar indican que el agua presente en el pozo 6 no se encuentra estancada sino que está corriendo en los estratos inferiores. Plantean la posibilidad de un río subterráneo que nace en fincas aledañas. Por lo tanto, la explicación empírica sobre la falta de agua en el pozo 14 consiste en que éste no atravesó al río subterráneo.

El pozo 8 presenta características muy interesantes que vale la pena mencionar. Éste es un pozo mecánico, en el cual no se encontró presencia de agua. Además, es importante notar que se encuentra en un área con características muy favorables para que se dé el proceso de infiltración que ayuda a la recarga hídrica. Otro aspecto importante que se puede resaltar es que es el pozo más profundo que se encuentra en el área de interés, cuenta con 403 metros de profundidad, tal y como se muestra en el perfil de agua subterránea.

Debido a la tendencia observada en el perfil y a la ayuda del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica, se ha optado por tomar una hipótesis que describa esta situación. Esta suposición consiste en que

puede existir una barrera geológica en ese sector que hace imposible el flujo de agua subterránea. En secciones anteriores de este trabajo se ha mencionado que la geología presente en esta área posee buenas condiciones para permitir la infiltración del agua, siempre y cuando posea algún grado de fractura. Sin embargo, si las fracturas no se encuentran presentes, dichos estratos se vuelven impermeables.

Otra de las posibles explicaciones a esta situación es que puede existir un río subterráneo que salga a la superficie en el nacimiento que se encuentra en una de las fincas del área de estudio. Si esto ocurriera en la realidad, podría ser que el pozo 8 no atraviese al río subterráneo y por eso no se ha encontrado agua en dicha perforación. Esta hipótesis es respaldada por la información mostrada en la situación del pozo 14 y pozo 6. Si este es el caso que se vive, posiblemente se trata de acuíferos que tienen su recarga no local sino a distancia; lo que explicaría el flujo de agua subterránea. Independientemente de lo que esté sucediendo realmente, es importante continuar con este estudio y recopilar más información que ayude a rechazar o apoyar estas hipótesis que se plantean.

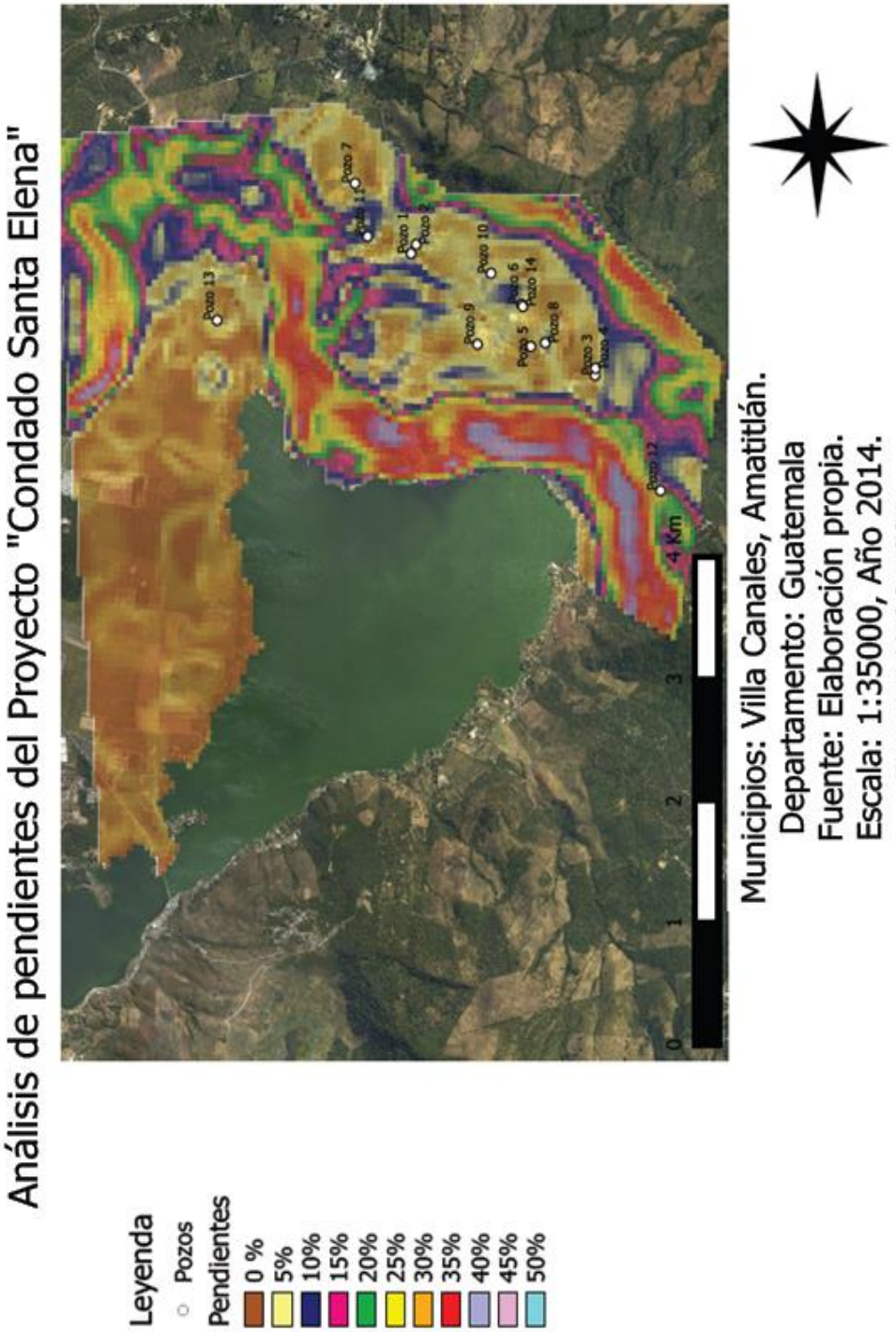
El pozo 3 es el último de los que se tiene información y que no posee una producción de agua. Éste se encuentra en un sector con excelentes condiciones para la recarga hídrica. Sin embargo, como se mencionó anteriormente no se ha encontrado agua en él. Este pozo se encuentra entre dos pozos que son productores y la tendencia hace pensar que pueda existir agua allí, pero en estratos un poco más profundos. Además, la información que los guardianes de la finca proporcionaron fue que éste pozo inició siendo productor, pero debido al uso desmedido del mismo, se secó.

El mapa de zonas favorables para la recarga hídrica no debe ser utilizado individualmente, ya que éste no muestra los lugares en donde existe agua. Es por ello que la utilización combinada del perfil con el mapa es de vital importancia para tener una idea del comportamiento de los recursos hídricos subterráneos. Como se pudo observar con anterioridad, el mapa muestra que todos los puntos en donde hay pozos son buenos para la recarga, pero esto no hace que necesariamente exista este recurso en las perforaciones.

A continuación se muestra el cuadro que se utilizó para poder llevar a cabo el perfil de agua subterránea. En éste se han plasmado los diferentes tipos de pozos que hay. Se ha incluido lo que es una columna de "metros sobre el nivel del mar" para poder tener una idea de cómo es el perfil topográfico del lugar de estudio.

La columna de "nivel de agua" se ha llenado tomando como referencia los cero metros sobre el nivel del mar. El fondo del pozo también está medido desde los cero metros sobre el nivel del mar. Esto se hizo de esta manera para poder tener unidades y escalas congruentes para poder comparar los diferentes parámetros. La forma de representar a los pozos en donde no se encontró agua se hizo mediante la asignación del valor de "fondo del pozo" a la columna de "nivel de agua". En otras palabras, la profundidad del pozo coincide con el nivel de agua para representar a los pozos que son secos en la gráfica que se muestra a continuación.

Ilustración 110: Mapa de análisis de pendientes.



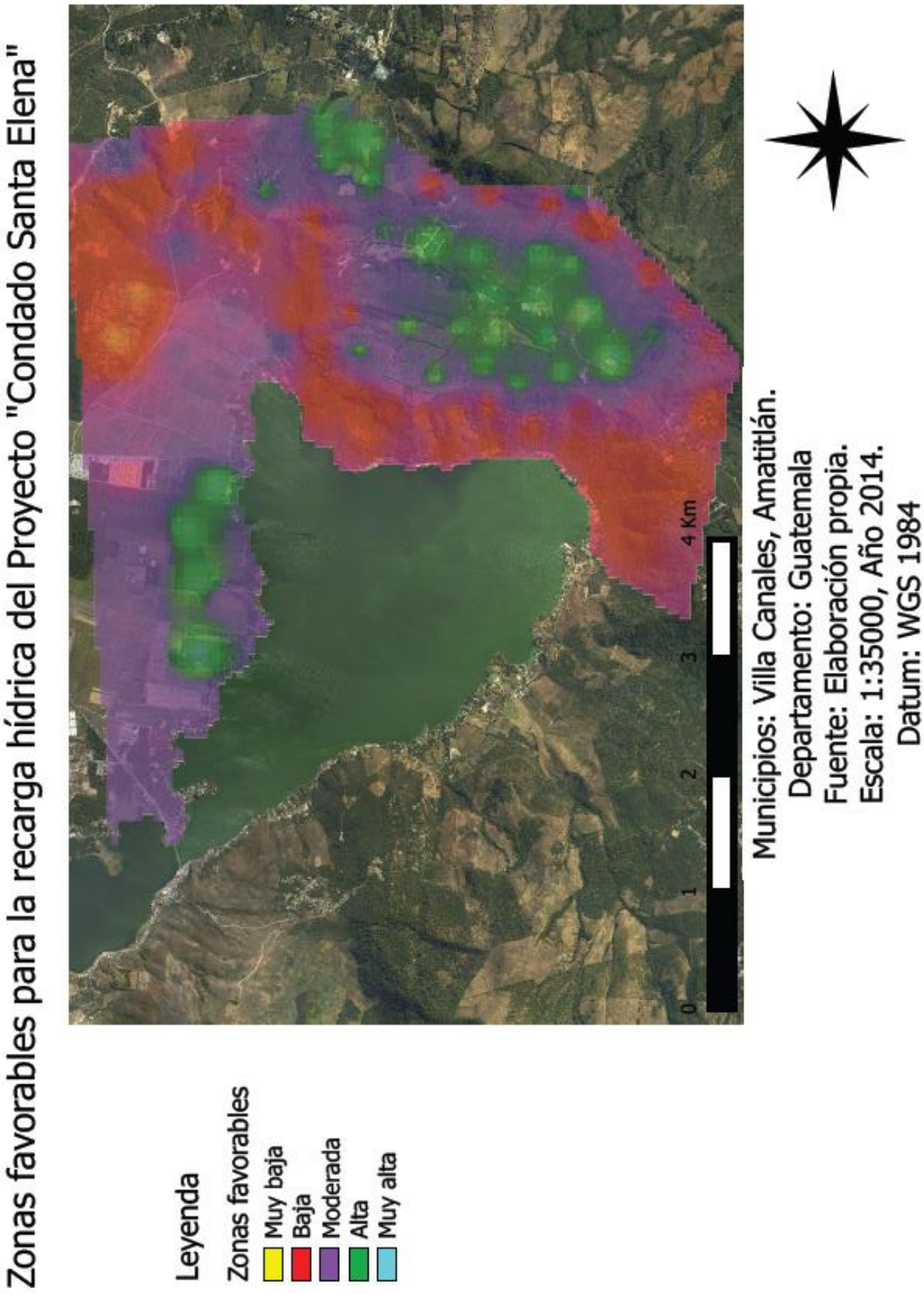
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 111: Ponderación de parámetros en pozos.

	Precipitación		Topografía		Uso del suelo		Tipo de suelo		Geología		Cobertura vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	Precipitación anual (mm)	Pond.	% Pendiente	Pond.	Uso	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo de vegetación	Pond.		
1	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque	5	4.16	Muy alta
2	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque	5	4.16	Muy alta
3	2,000	3	5	5	Plantaciones de árboles	4	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy alta
4	2,000	3	5	5	Plantaciones de árboles	4	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy alta
5	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy alta
6	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy alta
7	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy alta
8	2,000	3	10	4	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
9	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy alta
10	2,000	3	10	4	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
11	2,000	3	10	4	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque	5	3.88	Alta
12	2,000	3	25	1	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Arboles dispersos	3	2.84	Baja
13	1,800	3	5	5	Plantaciones de caña y café	2	Mollisol	4	Aluvión y coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
14	2,000	3	5	5	Uso mixto	3	Andisol	5	Pómez de dacita y riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy alta

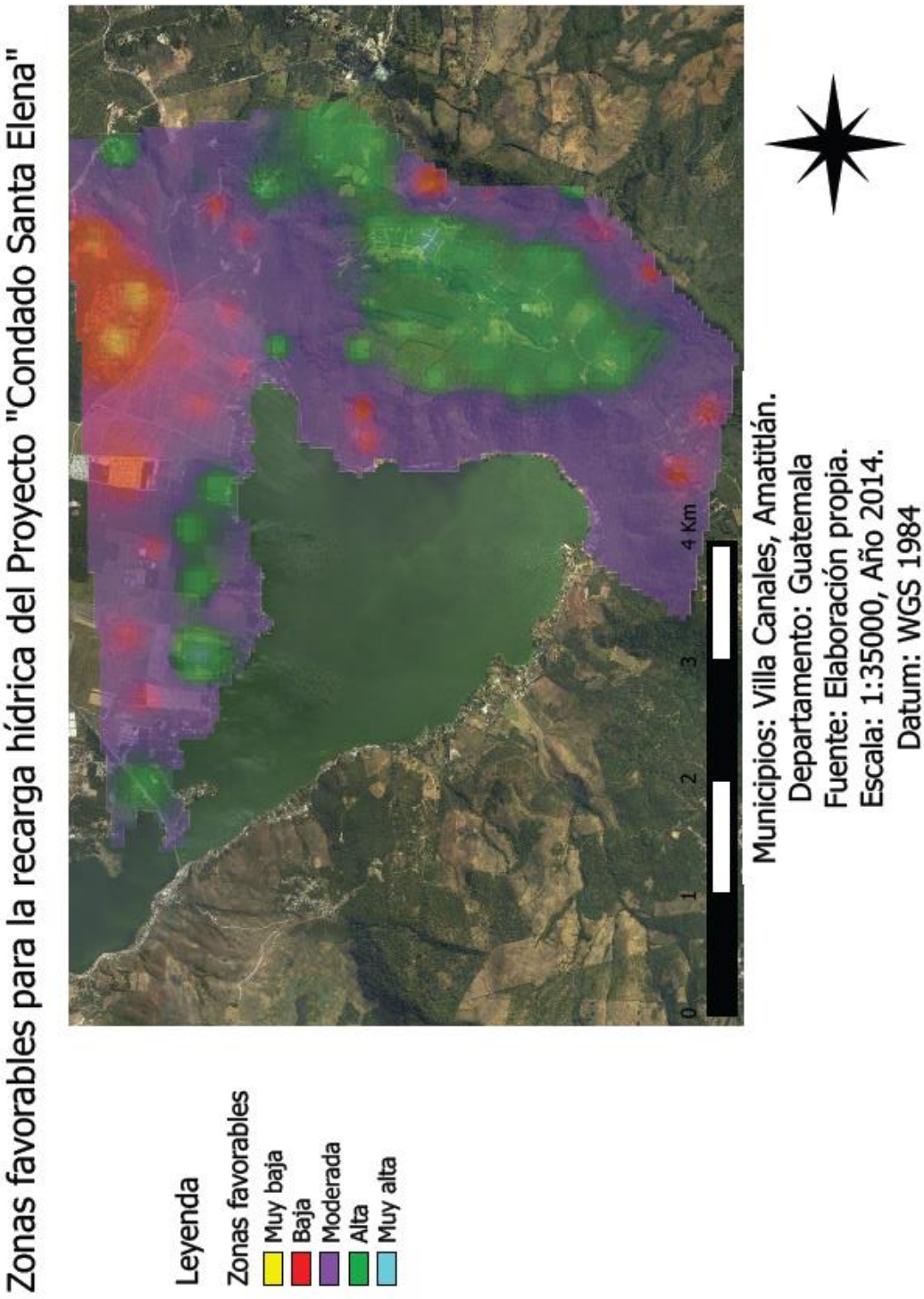
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 112: Escenario 1 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica.



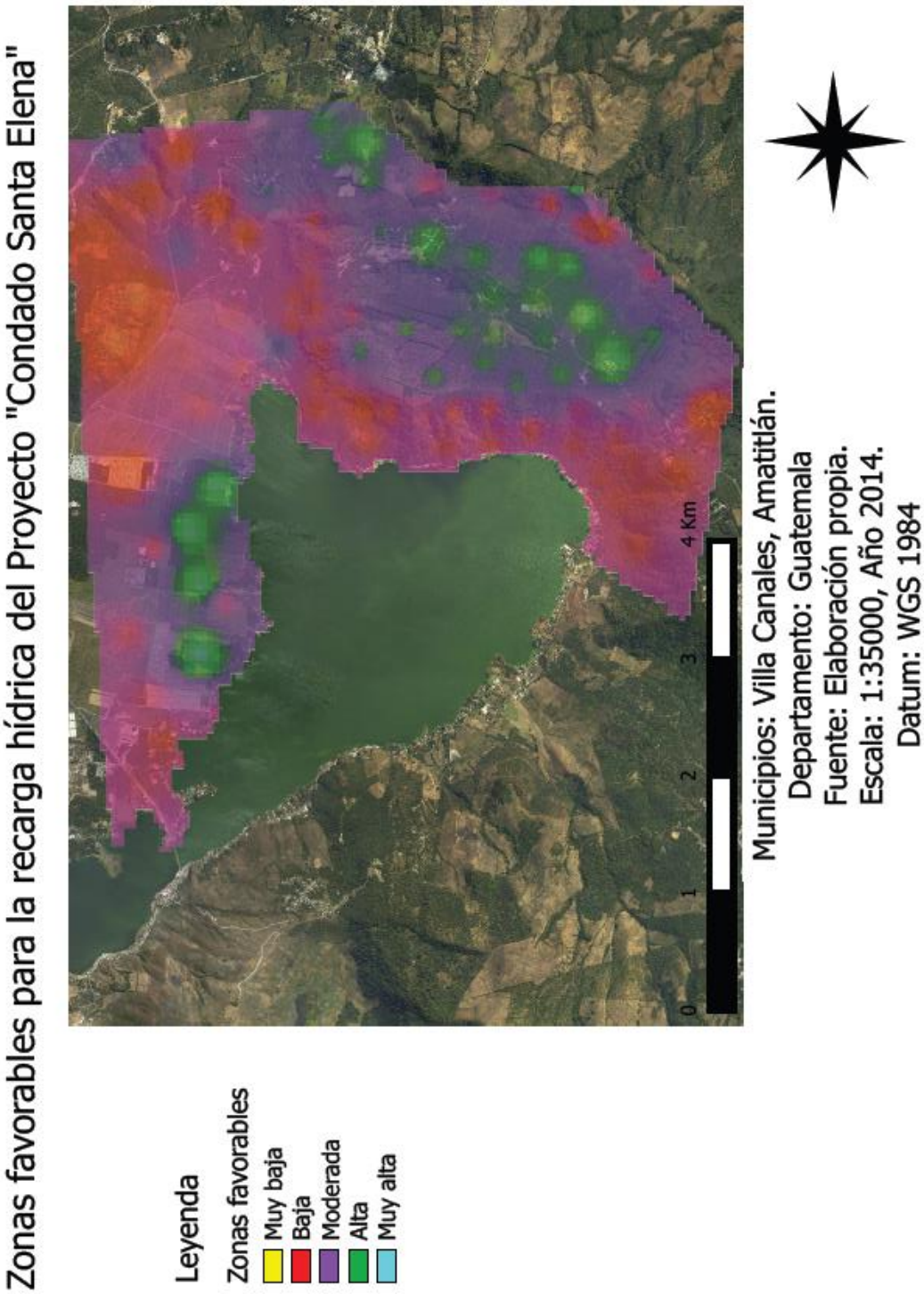
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 113: Escenario 2 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 114: Escenario 3 del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 62: Información utilizada para determinar la cobertura de los pozos.

Pozo	Nivel estático (ft)	Nivel de bombeo (ft)	Producción (ficha)	Producción (ficha-real)
1	651	660	225 GPM	100 GPM
2	800	1019	120 GPM	100 GPM
3	-	-	-	-
4	-	-	2.85 m3/día	2.85 m^3/día
5	-	-	-	
6	-	-	1.9 m3/día	1.90 m^3/día
8	-	-	-	
9	491	797	30 GPM	21 GPM
10	651	660	225 GPM	120 GPM
11	-	-	-	
12	726	733	154 GPM	100 GPM
13	507	531	64 GPM	44.8 GPM
14	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

Dotación = 180 L/hab*día

T_{bombeo}= 8 horas/día 480 minutos/día.

Caudal proporcionado por pozos artesanales = 4,750.66 L/día 4.75 m^3/día

Caudal proporcionado por pozos mecánicos = 882,694.71 L/día 882.69 m^3/día

Cobertura por pozos artesanales = 27 hab.

Cobertura por pozos mecánicos = 4,904 hab.

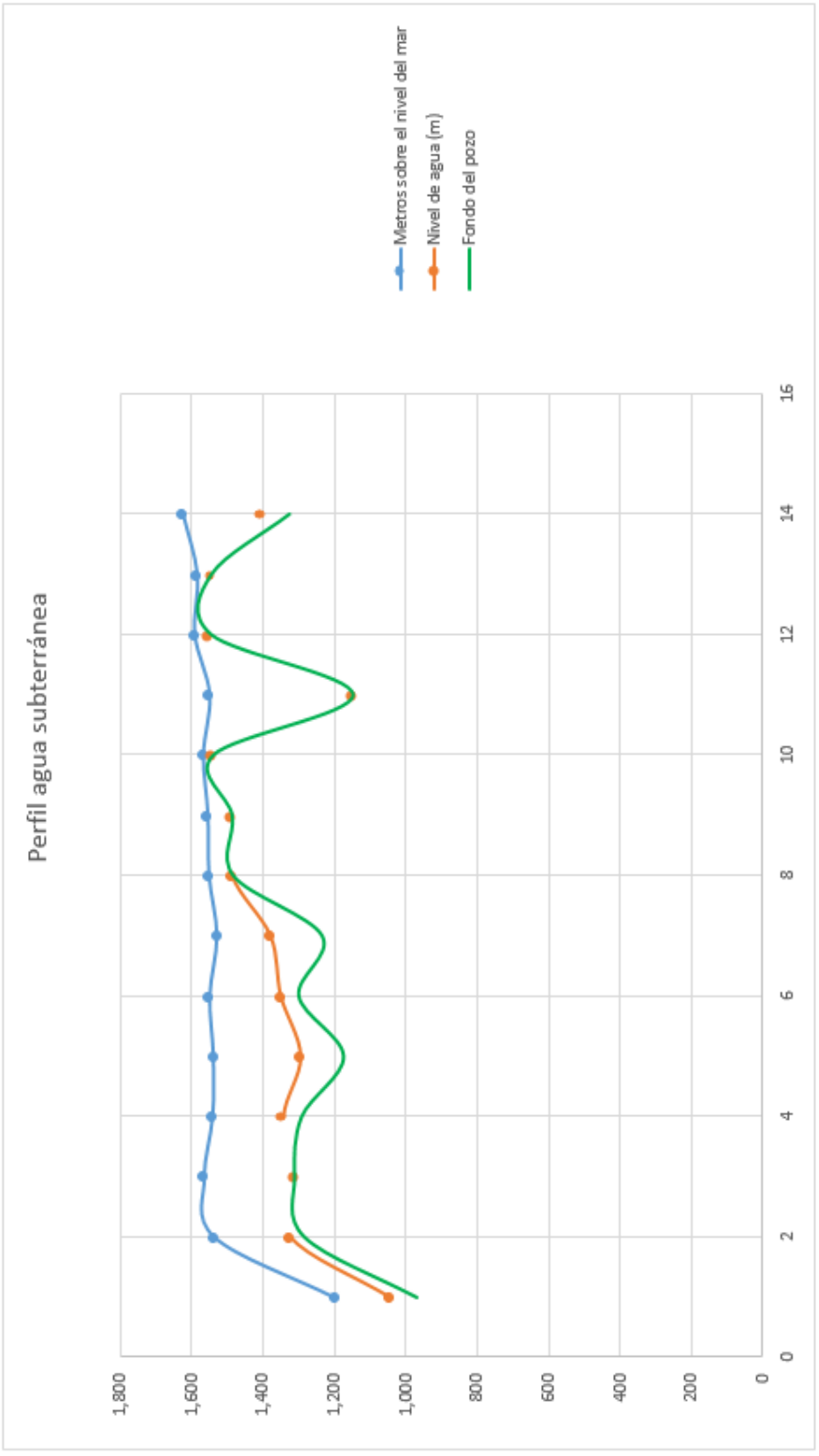
Cuadro 63: Información utilizada para elaborar el perfil de agua subterránea.

Correlativo	Pozo	msnm	Nivel de agua (m)	Fondo del pozo (m)
1	13	1,200	1,045	968
2	7	1,537	1,324	1,284
3	11	1,565	1,312	1,312
4	1	1,542	1,344	1,292
5	2	1,540	1,296	1,174
6	10	1,550	1,352	1,300
7	9	1,530	1,380	1,234
8	6	1,552	1,487	1,484
9	14	1,555	1,487	1,487
10	5	1,568	1,541	1,541
11	8	1,550	1,148	1,148
12	4	1,592	1,550	1,546
13	3	1,585	1,546	1,546
14	12	1,625	1,404	1,326

Pozo artesanal
Pozo mecánico

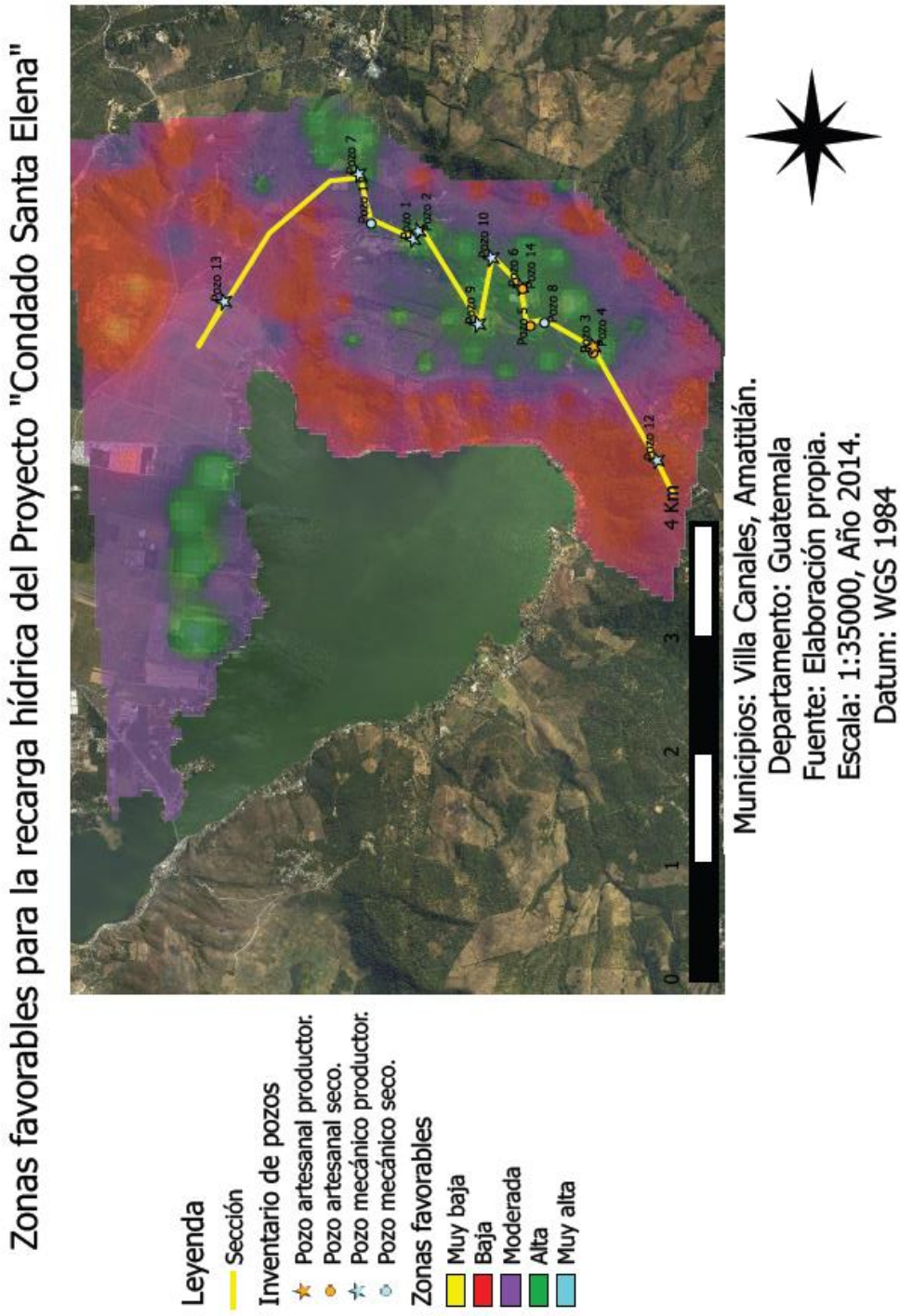
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 115: Perfil de agua subterránea.



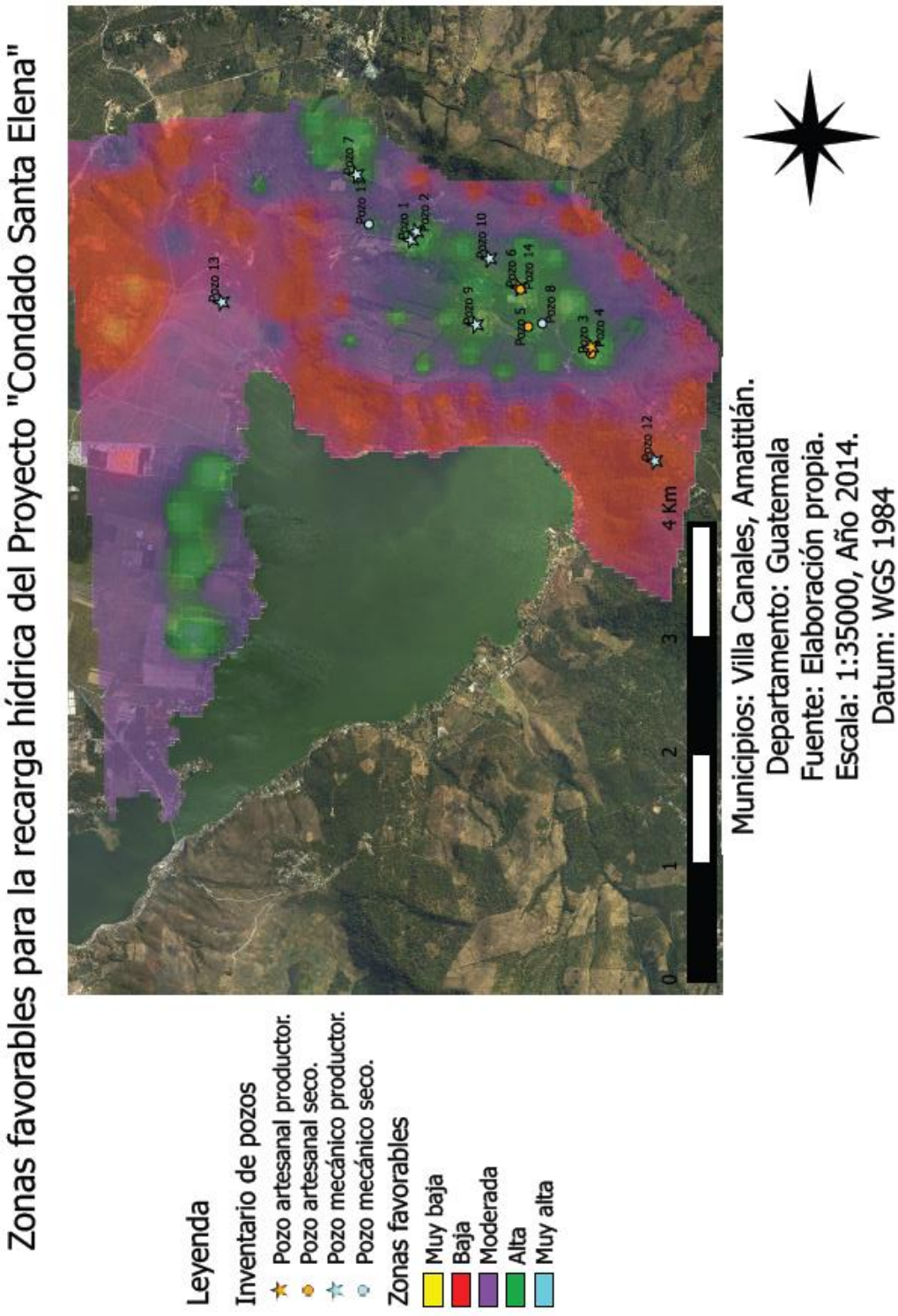
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 116: Sección del mapa de zonas favorables para la recarga hídrica.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 117: Mapa de zonas favorables para la recarga hídrica con pozos.



Fuente: Elaboración propia.

5. Determinación de la calidad de agua subterránea

a. Recolección de datos de campo. Las muestras de agua recolectadas provenientes de los pozos que se utilizan para abastecer el sector superior del área de interés, poseen información de sus características físicas básicas, con el objetivo de complementar el análisis realizado. A continuación se muestra la tabla utilizada para recopilar dicha información:

Cuadro 64: Información recolectada en campo para las muestras de agua.

No. muestra	Punto de muestreo	Localización	Hora de la toma de muestra	Temperatura (°C)	pH
P1-1	Pozo # 2	Finca Santa Elena del Lago	9:50 a.m.	20.50	6.5
P1-2	Pozo # 2	Finca Santa Elena del Lago	12:15 p.m.	21.00	6.5
P2	Pozo # 4	Finca Estanzuela	11:43 a.m.	20.00	6.5
P3-1	Pozo # 6	Finca Las Delicias	12:00 p.m.	21.00	7
P3-2	Pozo # 6	Finca Las Delicias	12:05 p.m.	21.00	7

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro muestra que la temperatura del agua que proviene de los pozos es aceptable para el consumo humano. Además, se puede observar que el pH del agua también se encuentra entre el rango aceptable para su utilización. Como se puede observar, en dos de los tres pozos sometidos a pruebas se hizo dos tomas de muestras, esto con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos en el laboratorio.

b. Resultados del análisis bacteriológico. El análisis bacteriológico se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala. Se analizaron las muestras provenientes de los tres distintos pozos anteriormente mencionados. Vale la pena recordar que la muestra número uno proviene de un pozo mecánico de gran profundidad, mientras que las muestras dos y tres contienen agua de un pozo artesanal de escaza profundidad. A continuación se muestra la tabla con los resultados del análisis.

Cuadro 65: Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua.

No. muestra	Recuento de bacterias Aerobias Mesófilas	Recuento de Coliformes Totales	Recuento de Escherichia Coli
P1	2.7 x 103 UFC/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
P2	4.2 x 105 UFC/100 ml	> 2419.2 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
P3	2.7 x 106 UFC/100 ml	> 2419.2 NMP/100 ml	90.6 NMP/100 ml

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior muestra los parámetros evaluados durante el análisis bacteriológico del agua del área de estudio.

- Bacterias Aerobias Mesófilas: esta especie de bacterias viven en ambientes que poseen temperaturas entre 10°C y 45°C. Esta especie incluye los microorganismos patógenos que crecen en los animales de sangre caliente. La *E. coli* es un típico ejemplo de este tipo de bacterias. Como se puede observar, el ambiente ideal para la supervivencia de estas bacterias es el nuestro, por lo tanto es importante evitar que el agua consumida por los humanos posea esta especie de bacterias que pueden causar daño a la salud de los mismos. (Pommerville, 2011)

- Coliformes Totales: según la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos. Se encuentran comúnmente en el medioambiente y generalmente no causan problemas a la salud del ser humano. Sin embargo, es importante mantenerlas dentro de un rango para evitar problemas.

- *Escherichia Coli*: según la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, es un subgrupo de bacterias coliformes fecales. Este tipo de bacteria se encuentra en los intestinos de los animales de sangre caliente. La presencia de estos organismos en un pozo refleja una contaminación del mismo con excremento e indica un alto riesgo de la presencia de organismos que pueden causar enfermedades.

Los límites utilizados para determinar si el agua es apta para el consumo humano fueron consultados en la Norma COGUANOR NGO 29 001-99; sin embargo, este documento no contaba con el parámetro de "Bacterias Aerobias Mesófila", por lo tanto se recurrió a la investigación en otros documentos. Se decidió utilizar como referencia el Artículo 982 del Código Alimentario Argentino en su resolución 494/94.

1) Análisis de los resultados de la muestra P1. La muestra "P1" como se pudo observar con anterioridad corresponde al agua obtenida del pozo 2, el cual está ubicado en la finca Santa Elena del Lago. Este pozo es mecánico, por lo tanto se evaluó la calidad de agua contenida en estratos subterráneos.

Ilustración 118: Toma de la muestra de agua P1 para análisis bacteriológico.



Fuente: Elaboración propia.

Este pozo se encuentra conectado a una bomba que distribuye el agua a todo el condominio. No se contó con la posibilidad de tomar el agua desde la boca del pozo, por lo tanto se procedió a hacer la toma en el grifo más cercano al mismo. Se siguió la metodología de toma de muestras de agua anteriormente mencionada, además se flameó el chorro para eliminar todo tipo de contaminación que pudiera variar los resultados. Debido a que este chorro se encuentra a una distancia corta con respecto al pozo, se puede asegurar insignificante cualquier tipo de contaminación por parte de la tubería de conducción.

Cuadro 66: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P1.

Parámetro	Valor obtenido	Límite permisible
Bacterias Aerobias Mesófilas	27 UFC/ ml	500 UFC/ ml
Coliformes Totales	< 1.1 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml
Escherichia Coli	< 1.1 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de esta muestra de agua se comparan con los límites permitidos en la norma; sin embargo, como se puede observar, para los parámetros de Coliformes Totales y *Escherichia Coli* se encontró poca presencia de las mismas en una muestra de 100 ml. La norma regula a que exista una ausencia de estos parámetros en una muestra de 100 ml, así que si se desea seguir al pie de la letra la norma, se tendría que concluir que no superan los requisitos mínimos para el consumo humano. Pero al observar detenidamente, los datos obtenidos demuestran que únicamente se sobrepasa el límite en una medida mínima. Por lo tanto, con un poco de tratamiento que se le dé al agua obtenida puede que cumpla los requisitos tal y como se describen en la norma.

La opinión que se tiene sobre la calidad del agua en términos bacteriológicos de esta fuente es que sí puede ser apta para el consumo humano, ya que lo que sobrepasa al límite es bajo. Por lo tanto, no perjudica a la salud de los consumidores. Sin embargo, si se quiere ser más cuidadoso podría aplicarse algún método para eliminar estas bacterias, tal y como se mencionó con anterioridad. El resultado obtenido del análisis es lógico ya que al ser un pozo de gran profundidad, el agua posee más recorrido y filtración que ayuda a su limpieza.

2) Análisis de los resultados de la muestra P2. La muestra “P2” como se pudo observar con anterioridad corresponde al agua obtenida del pozo 4, el cual está ubicado en la finca Estanzuela. Este pozo es artesanal, por lo tanto se evaluó la calidad de agua contenida en estratos superficiales.

Ilustración 119: Toma de la muestra de agua P2 para análisis bacteriológico.



Fuente: Elaboración propia.

Este pozo se encuentra conectado a una bomba que distribuye el agua a las casas que se encuentran en la finca. Por ello, se procedió a hacer la toma de muestra en una de las conexiones de tubería que se utiliza para distribuirla, siempre respetando la metodología de toma de muestras. La distancia del punto donde se hizo la toma de muestra y el pozo es muy pequeña por lo tanto, se descartó la influencia de la tubería en la contaminación del agua.

Cuadro 67: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P2.

Parámetro	Valor obtenido	Límite permisible
Bacterias Aerobias Mesófilas	4,200 UFC/ ml	500 UFC/ ml
Coliformes Totales	> 2419.2 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml
Escherichia Coli	< 1.1 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos al analizar esta muestra reflejan que existe un grado de contaminación en el agua que es utilizada para el consumo. El único parámetro que cumple es el de ausencia de *escherichia coli.* Para los otros parámetros, se encuentra muy por encima de los límites, por lo tanto es recomendable poner mucha atención a este asunto. Pueda que exista una cepa bacteriana que sea dañina para la salud de los consumidores.

Se recomienda que esta agua sea tratada antes de ser consumida por las personas que dependen de ella. Este tratamiento podría ser mediante a la cloración de la misma. Sin embargo, como se mencionó con anterioridad, si se desea seguir estrictamente la norma, el parámetro de *Escherichia Coli* tampoco cumpliría con los requisitos mínimos planteados. Por lo tanto, el agua proveniente de esta fuente no es apta para el consumo humano si se desea utilizar tal y como está.

3) Análisis de los resultados de la muestra P3. La muestra "P3" como se pudo observar con anterioridad corresponde al agua obtenida del pozo 6, el cual está ubicado en la finca Las Delicias. Este pozo es artesanal, por lo tanto se evaluó la calidad de agua contenida en estratos superficiales.

Ilustración 120: Toma de la muestra de agua P3 para análisis bacteriológico.



Fuente: Elaboración propia.

Este pozo se encuentra conectado a una bomba que distribuye el agua a las casas que se encuentran en la finca. Por ello, se procedió a hacer la toma de muestra en una de las conexiones de tubería que se utiliza para distribuirla, siempre respetando la metodología de toma de muestras. La distancia del punto donde se hizo la toma de muestra y el pozo es muy pequeña por lo tanto, se descartó la influencia de la tubería en la contaminación del agua.

Cuadro 68: Evaluación de los límites de calidad para la muestra P3.

Parámetro	Valor obtenido	Límite permisible
Bacterias Aerobias Mesófilas	27,000 UFC/ ml	500 UFC/ ml
Coliformes Totales	> 2419.2 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml
Escherichia Coli	90.6 NMP/100 ml	(Ausencia) /100 ml

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados aquí presentados demuestran que el agua que este pozo produce posee un grado alto de contaminación bacteriana. El agua de este pozo no cumple con ningún requisito mínimo para el consumo. Estos resultados son lógicos, ya que al tratarse de un pozo artesanal, el camino que el agua debe recorrer para infiltrarse en los estratos superficiales es corto, por lo que el agua no tiene las condiciones necesarias para limpiarse mientras se infiltra. Se puede observar que el agua puede estar contaminada de heces, por lo que si se cuenta con una cepa maligna puede causar mucho daño a la salud de las personas. Por lo tanto, se recomienda que esta agua sea tratada si se sigue suministrando para el consumo humano. Podría ser mediante la cloración de la misma.

La toma de muestras de agua fue realizada por los estudiantes, esto con el objetivo de tener constancia que la metodología empleada para recoger el agua, se realizara mediante la implementación de las buenas prácticas de toma de muestras de agua anteriormente mencionadas y para reconocer las condiciones en las que se encuentra la fuente de agua.

La finca que contiene este pozo cuenta con varias casas de guardianes que se encuentran cerca de la fuente. Por lo que se pudo observar e investigar, ellos tienen acceso limitado al agua que se produce en dicha fuente. Por lo tanto, ellos utilizan letrinas o pozos ciegos para el manejo de los desechos. Esta es la razón principal por la cual existe un alto grado de contaminación bacteriana en el agua que se extrae del pozo. Se recomienda tomar acciones con respecto al manejo de las letrinas que utilizan las familias que cuidan la finca, ya que dicha agua es utilizada para suplir las necesidades de la casa del terrateniente. Una solución viable podría ser la instalación de drenajes para el manejo de los desechos generados por estas familias, de esta manera se elimina la fuente de contaminación directa del agua proveniente del pozo.

c. Resultados del análisis físico-químico. El análisis físico-químico se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Soluciones Analíticas. Se analizaron las muestras provenientes del pozo 2 y el pozo 6. La muestra número uno proviene de un pozo mecánico de gran profundidad, mientras que la muestra dos tiene agua de un pozo artesanal de escaza profundidad. A continuación se muestran los resultados del análisis.

1) Análisis de los resultados de la muestra P1. La muestra “P1” corresponde al agua obtenida del pozo 2, el cual está ubicado en la finca Santa Elena del Lago. Este pozo es mecánico, por lo tanto se evaluó la calidad de agua contenida en estratos subterráneos.

Ilustración 121: Toma de la muestra de agua P1 para análisis físico-químico.



Fuente: Elaboración propia.

La toma de la muestra se realizó desde el grifo más cercano, debido a las razones antes mencionadas. El chorro se encuentra a una distancia corta con respecto al pozo; por lo tanto, se puede asegurar insignificante cualquier tipo de contaminación por parte de la tubería de conducción. A continuación se muestra un cuadro que contiene los resultados del análisis físico empleado a la muestra de agua tomada en este lugar.

Cuadro 69: Resultados físicos de la muestra P1.

Parámetro	Dimensional	Valor	LMA	LMP
pH		7.0	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad	mS/cm	0.24	0.75	< 1.5
Dureza	mg/l CaCO3	96.6	100.00	500.00
Turbiedad	NTU	< 5.00	5.00	15.00
Olor		No rechazable	No rechazable	----------
Color	UPtCo	< 1.00	5.00	35.00

Fuente: Elaboración propia.

El análisis físico demuestra que el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables (LMA). Ningún parámetro físico sobrepasa este límite por lo que en cuanto a este aspecto del examen se puede considerar que el agua es óptima. Vale la pena mencionar que el valor de pH medido en campo se encuentra relativamente cerca del pH medido en laboratorio de la muestra de agua. Por lo tanto, ambos valores aseguran que el agua es neutra y óptima para ser utilizada. Esto también ratifica que los valores de campo medidos y mostrados en la sección anterior son válidos para tener una idea de la situación del agua analizada.

A continuación se muestra un cuadro con los resultados del análisis químico realizado con la muestra de agua proporcionada. Este es de vital importancia ya que refleja las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua que puedan afectar la calidad de la misma. Además, proporciona datos relacionados con contaminantes.

Cuadro 70: Resultados químicos de la muestra P1.

Elemento	Dimensional	Valor	LMA	LMP
Nitrato	mg/l NO3	10.40	---------	50.00
Nitritos	mg/l NO2	< 0.01	---------	3.00
Calcio	mg/l Ca	21.98	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	10.13	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO4	< 0.90	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---------	0.30
Cobre	mg/l Cu	0.07	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	< 0.06	0.30	--------
Manganeso	mg/l Mn	< 0.01	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	0.58	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	< 2.50	100.00	250.00

Fuente: Elaboración propia.

El análisis químico demuestra que el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables (LMA), con excepción del contenido de cobre en el agua. Este parámetro excede el L.M.A., pero se encuentra por debajo del L.M.P. Aunque existe un excedente de cobre dentro del agua, éste es mínimo y a su vez despreciable. La razón por la cual el valor de la concentración del cobre resultó por encima del límite máximo aceptable es debido a la tubería empleada para la conducción del agua extraída, así como también de los accesorios empleados. Por lo tanto, esto no es razón para alarmarse ni tener preocupación alguna.

Al momento de observar al resto de parámetros evaluados se puede comprobar que se encuentran dentro del rango aceptable determinado por la norma. Por lo tanto, no se contará con problemas de ropa manchada, diarrea en las personas, caries dentales, entre otros problemas causados por excedentes en concentraciones de algunos minerales presentes en la tabla anterior.

Luego de analizar los resultados obtenidos tanto en el examen físico como en el químico, se puede concluir que el agua es apta para el consumo humano en términos del análisis físico-químico. Sin embargo, es importante relacionar los resultados del análisis físico-químico con los del bacteriológico para tener una conclusión global de la situación de la calidad del agua proveniente de esta fuente.

2) Análisis de los resultados de la muestra P2. La muestra P2 corresponde al agua obtenida del pozo 6, el cual está ubicado en la finca Las Delicias. Este pozo es artesanal, por lo tanto se evaluó la calidad de agua contenida en estratos superficiales.

La toma de muestra se llevó a cabo de la misma forma en que se hizo para el análisis bacteriológico, respetando la metodología de toma de muestras. La distancia del punto donde se hizo la toma de muestra y el pozo es muy pequeña por lo tanto, se descartó la influencia de la tubería en la contaminación del agua. A continuación se muestra un cuadro que contiene los resultados del análisis físico empleado a la muestra de agua tomada en este lugar.

Cuadro 71: Resultados físicos de la muestra P2.

Parámetro	Dimensional	Valor	LMA	LMP
pH		7.2	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad	mS/cm	0.25	0.75	< 1.5
Dureza	mg/l CaCO3	103.5	100.00	500.00
Turbiedad	NTU	< 5.00	5.00	15.00
Olor		No rechazable	No rechazable	----------
Color	UPtCo	< 1.00	5.00	35.00

Fuente: Elaboración propia.

El análisis físico demuestra que el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables (LMA), con excepción del parámetro de dureza. Éste sobrepasa el L.M.A. por un margen insignificante. Este factor no afecta directamente a la calidad del agua, únicamente si existe en grandes cantidades puede afectar a la cocción de los alimentos y puede provocar incrustaciones en los utensilios de cocina. En este caso también se da el factor de que el valor del pH medido en campo se encuentra relativamente cerca del pH medido en el laboratorio. Por lo tanto, esta prueba también apoya a la afirmación que los valores de campo medidos y mostrados en la sección anterior son válidos para tener una idea de la situación del agua analizada. El pH del agua extraída de esta fuente es óptimo para el consumo humano.

A continuación se muestra un cuadro con los resultados del análisis químico realizado con la muestra de agua proporcionada. Este es de vital importancia ya que refleja las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua que puedan afectar la calidad de la misma. Además, proporciona datos relacionados con contaminantes.

Cuadro 72: Resultados químicos de la muestra P2.

Elemento	Dimensional	Valor	LMA	LMP
Nitrato	mg/l NO3	14.10	---------	50.00
Nitritos	mg/l NO2	< 0.01	---------	3.00
Calcio	mg/l Ca	30.85	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	6.42	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO4	5.00	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---------	0.30
Cobre	mg/l Cu	< 0.02	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	< 0.06	0.30	--------
Manganeso	mg/l Mn	< 0.01	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	0.03	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	< 2.50	100.00	250.00

Fuente: Elaboración propia.

El análisis químico demuestra que el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables (LMA). Por lo tanto, no existe problema alguno ocasionado por el exceso de algún elemento mostrado en la tabla anterior. Con base a los límites proporcionados por la norma, se puede concluir que el agua presente en este pozo es apta para el consumo humano en términos del análisis físico-químico. Sin embargo, es importante relacionar los resultados del análisis físico-químico con los del bacteriológico para tener una conclusión global de la situación de la calidad del agua proveniente de esta fuente.

D. Alternativa del uso del agua superficial

El área del proyecto se cuenta con recursos hídricos los cuales pueden ser utilizados de la siguiente manera:

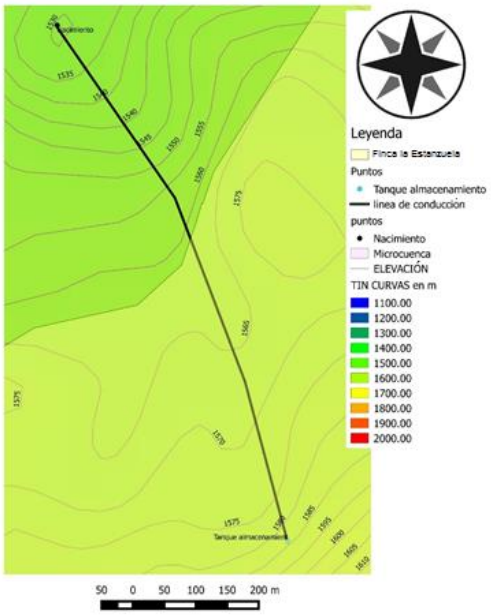
- Línea de aducción por bombeo.
- Línea de distribución de agua potable.
- Propuesta de captación de agua de lluvia.
- Propuesta de laguna y producción de tilapia.
- Recursos hídricos para la generación de energía.

Para las propuestas de uso del agua superficial se tomó el caudal mínimo del río estudiado que son 13l/s los cuales fueron distribuidos de diferentes maneras:

1. Línea de aducción por bombeo. Una línea de aducción está constituida por, la tubería que conduce el agua desde la obra de captación hasta el estanque de abastecimiento, así como de las estructuras, accesorios, dispositivos y válvulas integradas a ella.

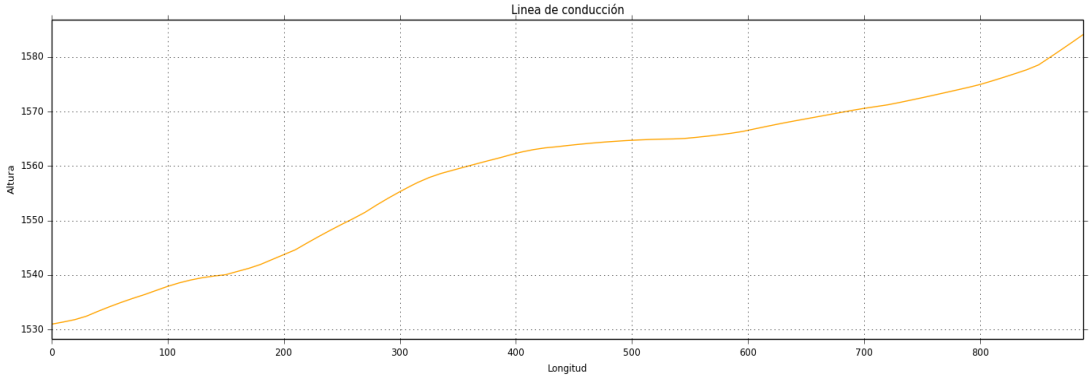
Para la línea de aducción por bombeo se tomaron 10L/s durante ocho horas las cuales se bombean desde el nacimiento hasta el tanque de almacenamiento que está en la parte alta del área de estudio. Con esto se propone un tanque de 288m^3 que dará un caudal de 3,33L/s, lo cual abastecerá 225 casas y el resto se propone para riego y lavado de café en la finca Estanzuela. A continuación se puede observar la línea de aducción desde el nacimiento hasta el tanque de almacenamiento, luego se observa el perfil de la tubería para observar el cambio de altura que tiene.

Ilustración 122: Línea de aducción.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 123: Perfil de línea de aducción.



Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el mapa y con el perfil se realizó una línea de aducción quedando de la siguiente manera:

Cuadro 73: Resumen tubería de bombeo.

Tubería	No. tubos	Tipo		Longitud tubería (m)	V (m/s)
4"	149	PVC clase	160 psi	893.00	1.14

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis y la elaboración de la línea de conducción se realizó un análisis de costo del proyecto para la futura realización de este, tomando en cuenta el tanque de almacenamiento de agua, la bomba, la tubería y la instalación de está dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 74: Costo línea de aducción.

Costo tanque	Q 640,000.00
Costo bomba	Q 23,700.00
Costo instalación	Q 44,650.00
Costo tubería	Q 97,595.00
Inversión inicial	Q 805,945.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los costos del proyecto se pudo dar un precio al agua potable que se va distribuir en el área de estudio dando como resultado diferentes precios dependiendo del consumo que se tenga:

Cuadro 75: Precio del agua.

Rango de consumo por metro cúbico	Precio del consumo de agua al mes
1 a 30	Q 100
31 a 60	Q 200.00
61 a 120	Q 350.00

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se realizó un pequeño análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto con el cual se analizaron los ingresos y egresos en un tiempo de 10 años con una tasa del 15%.

Cuadro 76: Egresos e ingresos en 10 años.

	Línea de aducción		
No. de años	Egreso	Ingreso	Neto
0	Q 708,350.00		-Q 708,350.00
1	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
2	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
3	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
4	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
5	Q 170,000.00	Q 384,000.00	Q 214,000.00
6	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
7	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
8	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
9	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00
10	Q 140,000.00	Q 384,000.00	Q 244,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se realizó un análisis de tasa interna de retorno, valor actual neto y costo anual equivalente dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 77: Resultados del análisis financiero.

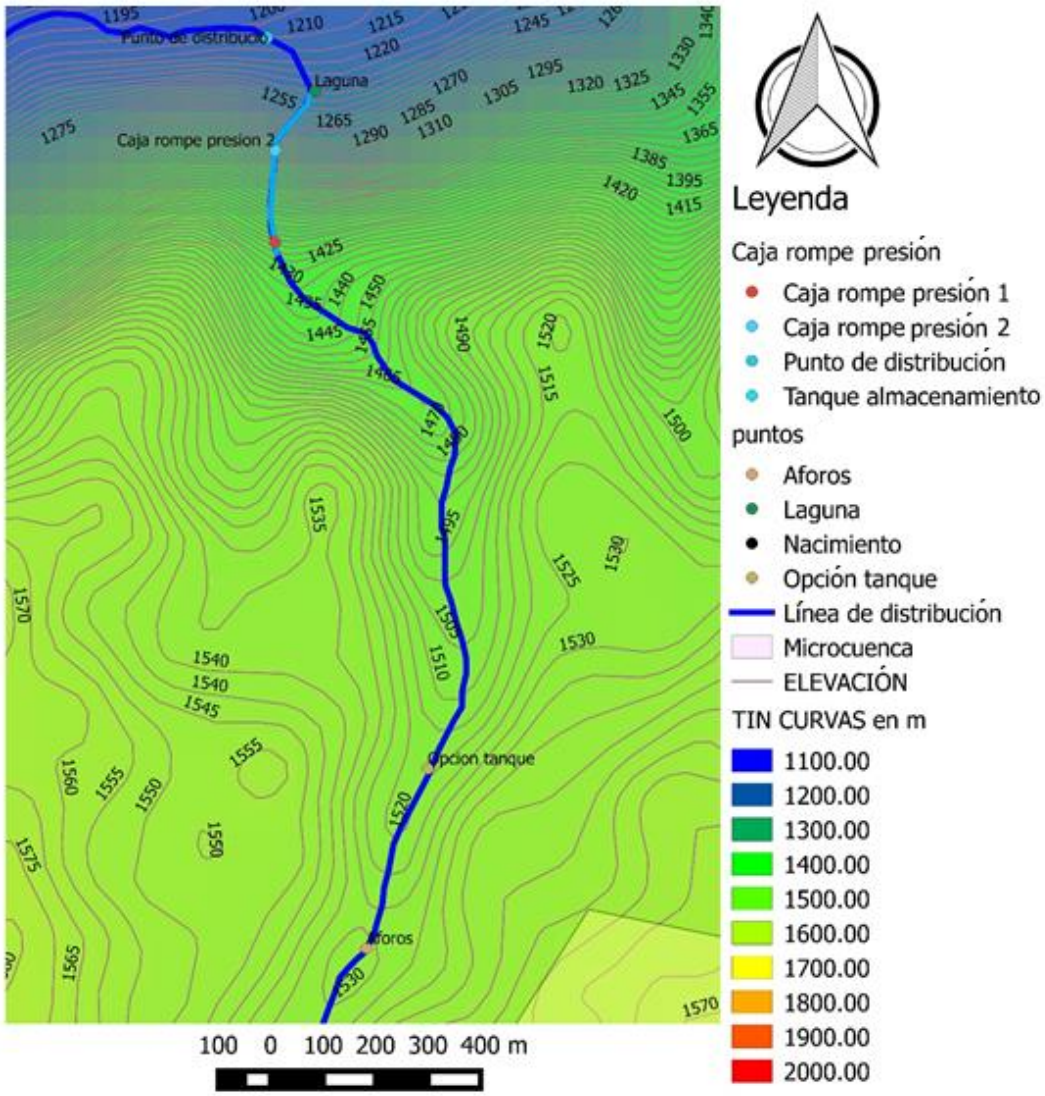
TIR	31.95%
VAN	Q435,925.43
CAUE	Q102,859.80

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el análisis financiero es factible la creación de la línea de aducción de agua para la zona de estudio ya que cubre a 224 casas y proporcionar agua para riego y lavado de café. Ya que los resultados del análisis son positivos, claro está que para la creación de dicho proyecto hay que tomar otros factores en cuenta como realizar topografía y de más estudios.

2. Línea de distribución de agua potable. Para la línea de distribución de agua potable se tomaron 10L/s durante 16 horas las cuales se almacenan en un tanque en el área de estudio. Con esto se propone un tanque de 576m^3 que dará un caudal de 6.67L/s lo cual abastecerá 640 casas.

Ilustración 124: Línea de conducción.



Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el mapa y con el perfil se realizó una línea de conducción quedando de la siguiente manera:

Cuadro 78: Resumen tubería tramo 1.

Tubería	No. tubos	Tipo		Longitud tubería horizontal (m)	V (m/s)
2.5"	162	PVC clase	160 psi	925.04	2.11
2"	43	PVC clase	160 psi	244.96	3.29

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 79: Resumen tubería tramo 2.

Tubería	No. tubos	Tipo		Longitud tubería horizontal (m)	V (m/s)
2"	14	PVC clase	160 psi	75.97	3.29
1.5"	19	PVC clase	160 psi	106.03	5.85

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 80: Resumen tubería tramo 3.

Tubería	No. tubos	Tipo		Longitud tubería horizontal (m)	V (m/s)
2"	9	PVC clase	160 psi	50.07	3.29
1.5"	18	PVC clase	160 psi	99.93	5.85

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis y la elaboración de la línea de conducción se realizó un análisis de costo del proyecto para la futura realización de este, tomando en cuenta el tanque de almacenamiento de agua, la tubería y la instalación de está dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 81: Costo línea de conducción.

Costo tanque	Q	800,000.00
Costo instalación	Q	75,000.00
Costo tubería	Q	55,000.00
Inversión inicial	Q	930,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los costos del proyecto se pudo dar un precio al agua potable que se va distribuir en el área de estudio dando como resultado diferentes precios dependiendo del consumo que se tenga:

Cuadro 82: Precio del agua.

Rango de consumo por metro cúbico	Precio del consumo de agua al mes
1 a 30	Q 75.00
31 a 60	Q 150.00
61 a 120	Q 300.00

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se realizó un pequeño análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto con el cual se analizaron los ingresos y egresos en un tiempo de 10 años con una tasa del 15%.

Cuadro 83: Egresos e ingresos en 10 años.

	Línea de aducción		
No. de años	Egreso	Ingreso	Neto
0	Q 930,000.00		-Q 930,000.00
1	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
2	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
3	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
4	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
5	Q 170,000.00	Q 518,400.00	Q 348,400.00
6	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
7	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
8	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
9	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00
10	Q 140,000.00	Q 518,400.00	Q 378,400.00

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se realizó un análisis de tasa interna de retorno, valor actual neto y costo anual equivalente dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 84: Resultados del análisis financiero.

TIR	38.92%
VAN	Q829,727.61
CAUE	Q193,095.58

Fuente: Elaboración propia.

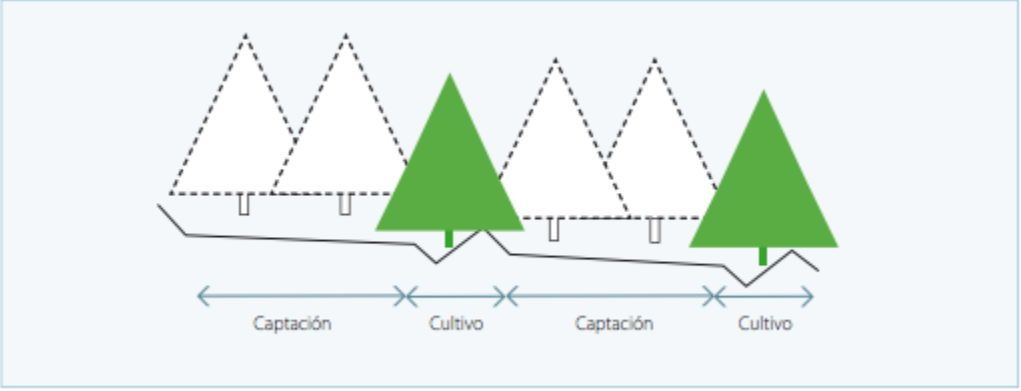
Con los datos obtenidos en el análisis financiero es factible la creación de la línea de conducción de agua para la zona de estudio ya que cubre a 640 casas. Ya que los resultados del análisis son positivos, claro está que para la creación de dicho proyecto hay que tomar otros factores en cuenta como realizar topografía y de más estudios.

3. Propuesta de captación de agua de lluvia. Consiste en la captación de escorrentía superficial en áreas cercanas o en el propio terreno de cultivo. Algunas técnicas pueden ser:

   a. Micro captación entre hileras o fajas de cultivos. Consiste en separar las hileras del cultivo, de a acuerdo a la relación entre área de captación y área de cultivo. Para cada hilera de cultivo sembrada a contorno, se debe mantener una franja de captación (siendo un múltiplo del área del cultivo) aguas arriba.

En la hilera se construye, previo al sembrado, un surco con un pequeño camellón que permite retener con mayor facilidad la escorrentía que pasa. El cultivo se siembra en el borde o sobre el camellón, si las lluvias son más frecuentes; y en el fondo del surco si las lluvias son muy espaciadas o el suelo es muy permeable.

Ilustración 125: Fajas de cultivo.



Fuente: Marcos J. Vieira.

b. Micro captación a dos aguas entre hileras. Contiene un camellón a dos aguas con perfil triangular, las cuales permiten que la escorrentía generada desemboque en las hileras de cultivo posicionadas continuas al finalizar la pendiente de cada lado. Esta técnica debe realizarse en terrenos planos o con una pendiente leve ya que en periodos con volumen alto de lluvia podría generar saturación del suelo. Si se esperan temporadas con lluvias alta se debe sembrar el cultivo al comienzo de la pendiente del camellón.

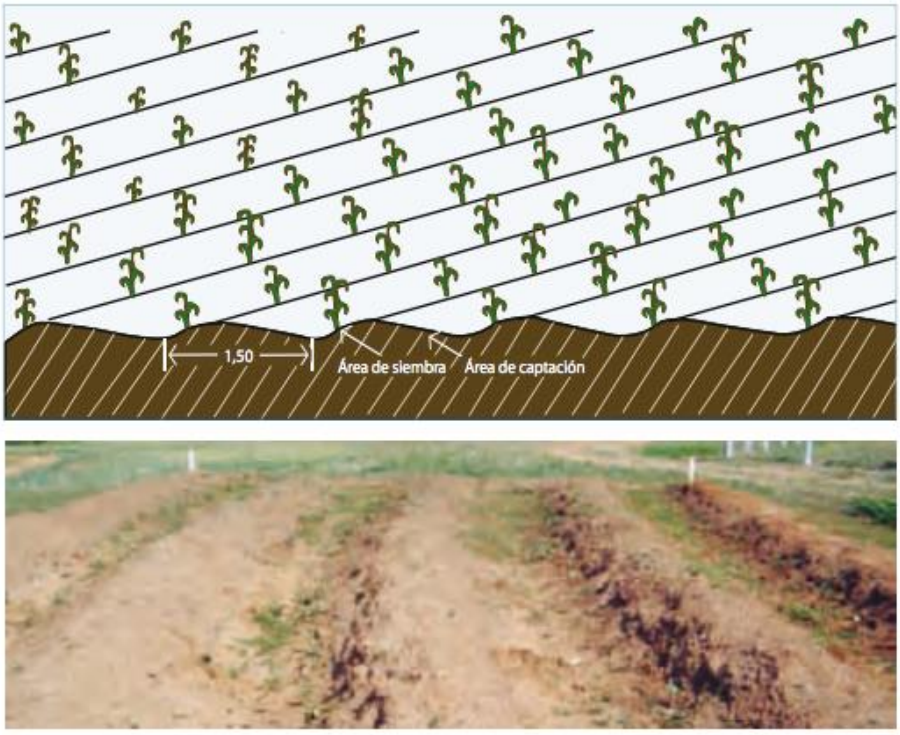
Ilustración 126: Micro captación a dos aguas.



Fuente: FAO (2004).

c. Método Guimarães Duque. Consiste en camellones con el faldón aguas arriba corto y el faldón aguas abajo de mayor ancho y menor pendiente. La escorrentía fluye de la parte más alta a la más baja abasteciendo al cultivo el líquido distribuido entre surcos. Está técnica se utiliza en terrenos planos o con pendiente muy baja.

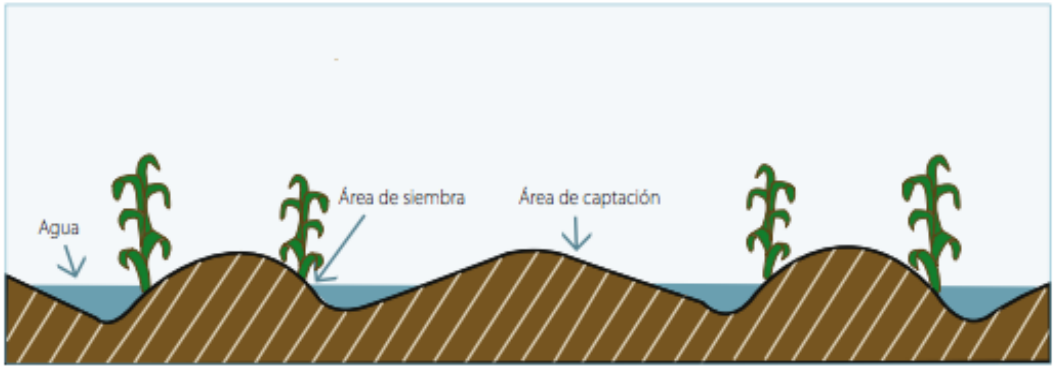
Ilustración 127: Método Guimarães Duque.



Fuente: Marcos J. Vieira.

d. Método W. Consiste en utilizar dos tipos de camellones intercalados, uno triangular a dos aguas que funcionan como canales de captación de agua y un camellón surco en forma de semicírculo que retienen la escorrentía. Además, se siembran los cultivos en las altura media del talud para evitar que entren en contacto con suelo saturado.

Ilustración 128: Método W.



Fuente: Marcos J. Vieira

e. Propuesta de laguna y producción de tilapia. Con un caudal de 2.6 L/s se propone realizar una laguna artificial que se utilice para la producción de tilapia. El agua en la laguna no se queda estancada sino tiene continuidad en el rio lo que permitió realizarla con las siguientes características:

Cuadro 85: Capacidad de la laguna.

Caudal laguna	2.6	L/s
Tiempo de recarga	24	horas
Volumen de la laguna	224.64	m^3
Capacidad de la laguna	7862.4	Lb pez

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se propuso una laguna con geo membrana que es una tela hecha de polietileno de alta densidades que evita la infiltración del agua y así no tener pérdidas. Con el análisis y la elaboración del diseño de la laguna se realizó un análisis de costo del proyecto para la futura realización de este, tomando en cuenta lo siguiente:

Cuadro 86: Costo laguna para la producción de peces.

Geo-membrana	
Geo-textil	Q 36,600.00
Canal	Q 17,600.00
Excavación	Q 50,000.00
Costos alevines	Q 4,914.00
Total	Q 109,114.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los costos del proyecto y con los precios de la tilapia actualmente se dio un precio de venta a esta y así realizar un análisis económico.

Cuadro 87: Precio de las libras pez.

Precio de pez por libra	Q 15.00
Utilidad bruta	Q 117,936.00

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se realizó un pequeño análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto con el cual se analizaron los ingresos y egresos en un tiempo de 10 años con una tasa del 15%.

Cuadro 88: Egresos e ingresos en 10 años

	Geo membrana		
No. de años	Egreso	Ingreso	Neto
0	Q 194,000.00	Q -	-Q 194,000.00
1	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
2	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
3	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
4	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
5	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
6	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
7	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
8	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
9	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00
10	Q 65,000.00	Q 117,936.00	Q 52,936.00

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se realizó un análisis de tasa interna de retorno, valor actual neto y costo anual equivalente dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 89: Resultados del análisis financiero.

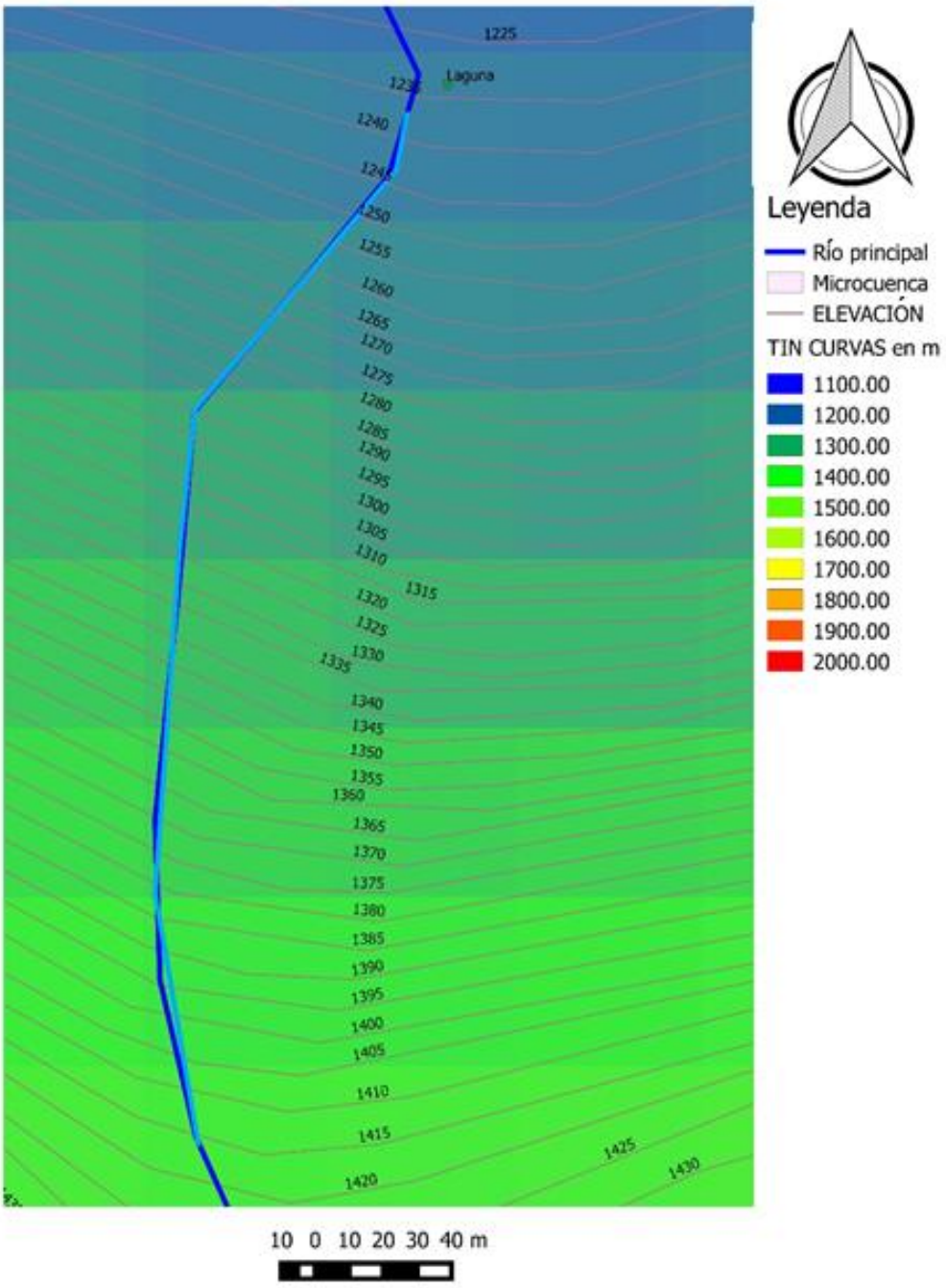
TIR	24.15%
VAN	Q62,324.81
CAUE	Q14,281.10

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el análisis financiero es factible la creación de la laguna para la producción de tilapia en la zona de estudio ya que la producción de la tilapia cubre con los costos de la construcción y se obtienen ganancias. Ya que los resultados del análisis son positivos, claro está que para la creación de dicho proyecto hay que tomar otros factores en cuenta como realizar topografía y de más estudios.

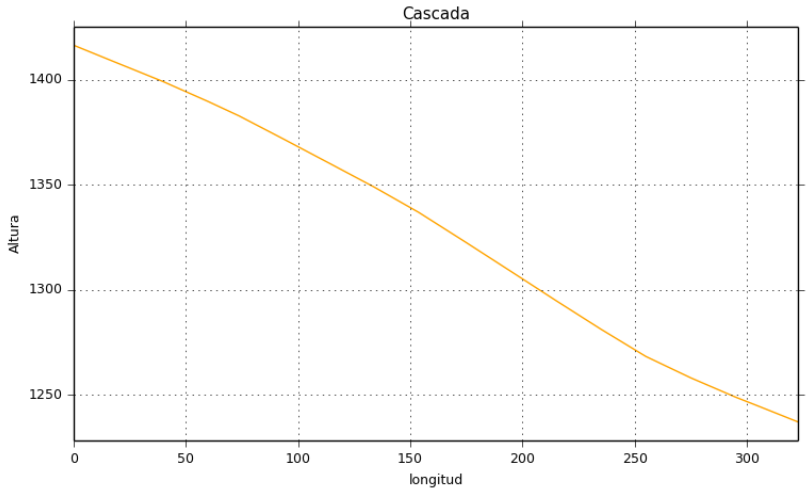
4. Recursos hídricos para la generación de energía. En el área se cuenta con una caída de 200 m la cual puede ser aprovechada para la generación de electricidad por medio de una hidroeléctrica, para la propuesta se ha visto que lo mejor es crear un tanque de almacenamiento de agua para generar electricidad solo cuatro horas y aprovechar mejor el recurso.

Ilustración 129: Caída de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 130: Perfil caída de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Con la información del perfil y tomando los siguientes datos se planteó la propuesta de una micro hidroeléctrica.

Cuadro 90: Datos iniciales.

Caudal	10.4	L/s
Tiempo de recarga del tanque	20	horas
Volumen tanque de almacenamiento	748.8	m^3
Tiempo de generación	4	horas
Caudal de diseño de potencia	62.4	L/s

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el mapa y con el perfil se realizó una estimación de la potencia generada en el tramo quedando de la siguiente manera:

Cuadro 91: Potencia bruta de producción.

Potencial eléctrico		
P=QgH	122.4288	kW
Tipo de turbina	Pelton	
Eficiencia de la turbina	0.9	
P-eficiencia turbina	110.18592	kW
Eficiencia generador	0.95	
P-eficiencia generador	104.676624	kW
Eficiencia transformador	0.97	
Potencial eléctrico	101.53633	kW-h

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis y la elaboración del potencial eléctrico se realizó un análisis de costo del proyecto para la futura realización de este, tomando en cuenta el tanque de almacenamiento de agua y el generador dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 92: Costo hidroeléctrico.

Precio costo del tanque	Q 853,500.00
Precio turbina	Q 200,000.00
Inversión inicial	Q 1,053,500.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los costos del proyecto y el precio de venta de la electricidad actualmente se realizó un pequeño análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto con el cual se analizaron los ingresos y egresos en un tiempo de 15 años con una tasa del 15%.

Cuadro 93: Egresos e ingresos en 15 años.

	Hidroeléctrica		
No. de años	Egreso	Ingreso	Neto
0	Q 1,053,500.00		-Q 1,053,500.00
1	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
2	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
3	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
4	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
5	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
6	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
7	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
8	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
9	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
10	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
11	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
12	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
13	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
14	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60
15	Q 30,000.00	Q 114,045.60	Q 84,045.60

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se realizó un análisis de tasa interna de retorno, valor actual neto y costo anual equivalente dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 94: Resultados del análisis financiero.

TIR	2.3330%
VAN	-Q488,742.84
CAUE	-Q96,120.86

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en el análisis financiero se recomienda hacer un análisis más profundo y ver otras alternativas para la creación de la hidroeléctrica ya que los datos obtenidos en el estudio no son suficientes para que este proyecto sea factible.

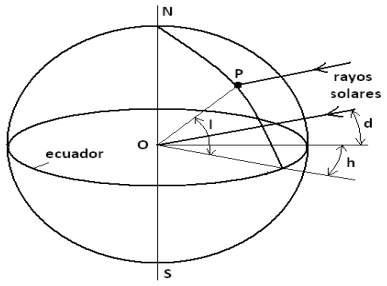
IX. ENERGÍAS RENOVABLES

A. Ángulos solares

La dirección de los rayos solares con respecto a un punto sobre la superficie terrestre depende de la ubicación del lugar sobre la superficie terrestre, hora del día, día del año.

- Latitud (l): es el ángulo entre OP y la proyección de OP sobre el plano ecuatorial.
- Ángulo horario (h): es el ángulo entre la proyección de OP y la proyección de la línea del centro del sol al centro de la Tierra, ambas proyecciones sobre el plano ecuatorial. Se mide a partir del mediodía solar.
- Declinación solar (d): es el ángulo entre la línea del centro del sol al centro de la Tierra y su proyección sobre el plano ecuatorial.

Ilustración 131: Ángulos solares.



Fuente: (McQuiston, Parker, Spliter, 2010)

B. Radiación solar

La radiación solar está constituida por varias clases de radiaciones electromagnéticas, la cuales tienen algunas características en común, pero difieren en el efecto que producen, que a su vez depende de su longitud de onda. La superposición de las longitudes de onda de la mayor parte de radiación infrarroja, la totalidad de la luz visible y una parte del espectro ultravioleta constituyen la porción de la radiación solar denominada radiación termina, por ser parte del espectro electromagnético que más participa en la transmisión de energía calorífica por radiación. (McQuiston, Parker, Spliter, 2010)

1. Radiacion directa: es la cual llega hasta la superficie de la tierra sin haber sido absorbida o dispersada. (McQuiston, Parker, Spliter, 2010)

2. Radiacion difusa: es la cual viene acompañada por la radiacion que fue dispersada o reemitida. (McQuiston, Parker, Spliter ,2010)
3. Irradiación: es la cantidad de radiación recibida en un lapso de tiempo determinado en una superficie de área unitaria. Se suele medir en Wh/m^2, o en el caso de un día, en Wh/m^2/día o unidades equivalentes. (Alonso Lorenzo, José, 2012)

C. Conceptos básicos de un sistema fotovoltaico.

1. Módulos fotovoltaicos.

a. Energía eléctrica por generación solar.

La energía solar eléctrica se obtiene a través de paneles o también llamados módulos fotovoltaicos, que a través de capturar la irradiación solar directa y difusa que atraviesa la atmosfera terrestre, convierten esta energía en forma de radiación solar, en energía eléctrica. Esto ocurre debido a que estos colectores fotovoltaicos están formados por semiconductores tipo diodo, que son excitados y provocan una diferencia de voltaje significativa. El utilizar estos paneles en serie permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones sencillas, para alimentar dispositivos electrónicos. (Orbegozo, Arivilca 2010)

b. Ventajas de la energía solar eléctrica.

- El potencial solar prácticamente es una fuente inagotable de energía y teniendo los conocimientos adecuados se puede sacar el máximo provecho.
- La energía solar se produce a partir de la captación de fotones, por lo que el impacto ambiental prácticamente no existe.
- Este tipo de energía puede obtenerse en cualquier parte de la Tierra.
- No es necesario pagar por su obtención. (Orbegozo, Arivilca 2010)

c. Desventajas de la energía solar eléctrica.

- Es necesario utilizar una gran cantidad de módulos fotovoltaicos interconectados para producir la misma cantidad de energía que se produciría con una fuente energía a base de combustible fósil.
- El costo e inversión en esta tecnología es alto.
- El tiempo de recuperación es a largo plazo.
- Esta energía no se recibe de manera constante, por cambios en el ángulos del sol, días nublados o con lluvia. (Orbegozo, Arivilca 2010)

2. Consideraciones técnicas

a. Inclinación y orientación.

La inclinación correcta de un módulo FV es importante para colectar la mayor radiación posible. La inclinación óptima debe tener el mismo ángulo de la latitud en donde está instalado el módulo.

El ángulo mínimo de inclinación debería ser de por lo menos 15 grados para asegurar que el agua de las lluvias drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo. En latitudes mayores (mayores de 30 grados norte o sur), es recomendable que los módulos estén más inclinados sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

Se recomienda que los módulos ubicados en el hemisferio sur, estén mirando exactamente hacia el norte y en el hemisferio norte, los módulos están mirando hacia el sur. Es necesario utilizar un sistema de GPS o una brújula para acertar con el posicionamiento correcto. En países cercanos al ecuador, el desviar un poco el módulo del ángulo óptimo no tiene consecuencias, ya que nunca se desvían mucho del ángulo promedio de incidencia de radiación solar (que está cercana al Cenit sobre la superficie de la Tierra). (Orbegozo, Arivilca 2010)

b. Sombras y reflejos. Por cuestiones de eficiencia es importante evitar cualquier tipo de sombra sobre los módulos FV, ya que pueden ocurrir problemas de puntos calientes. Suponiendo que una celda que está cubierta por sombra y la otra tiene incidencia de luz solar, ocurre como efecto consecuente que la celda que tiene incidencia de radiación produce una diferencia de voltaje, pero la celda cubierta por sombra funciona como una gran resistencia y al obstruir el paso de corriente tiende a calentarse.(Orbegozo, Arivilca 2010)

c. Midiendo temperatura. La eficiencia de los módulos FV es afectada por la temperatura de los mismos, es decir a una menor temperatura, mayor eficiencia. Por lo que se considera necesario medir la temperatura de los módulos. Es importante medir la temperatura del aire para tener un indicador de diferencia de temperatura con los módulos fotovoltaicos. Estas mediciones se pueden realizar con termómetros estándar llamados termocuplas o termómetros infrarrojos. (Orbegozo, Arivilca 2010)

d. Optimización de uso de radiación solar

1) Medir y calcular el promedio diario de radiación solar en el sitio donde se desea instalar los módulos fotovoltaicos o utilizar datos de radiación de una estación meteorológica cercana.

2) Determinar ángulo óptimo y orientación del panel solar.

- Inclinación = latitud
- Inclinación = latitud + 5° para optimización, orientación norte.
- Ángulo mínimo de inclinación: 15° (para evitar estancamiento de agua o polvo en el módulo FV).

3) Evitar sombras para evitar puntos calientes en los módulos. (Orbegozo, Arivilca 2010)

a) Opciones de captación solar. En los sistemas solares fotovoltaicos existe la posibilidad de emplear elementos seguidores del movimiento del Sol que aumente la eficiencia en captación de irradiación solar. Esencialmente existen tres tipos se sistemas fotovoltaicos:

4) De soporte estático. Este es un módulo fotovoltaico que se instala de forma estática y es el sistema convencional más utilizado. Tiene el inconveniente de no aprovechar el máximo de radiación solar posible al quedar fijada su orientación e inclinación en el momento de la instalación, haciendo imposible el seguimiento del movimiento del Sol respecto a la superficie destinada a la captación solar.(Orbegozo, Arivilca 2010)

5) De seguimiento solar de un eje. Este sistema realiza la rotación del soporte por medio de un solo eje, de forma horizontal, vertical u oblicua. Este tipo de seguimiento es el más sencillo y el más económico resultando una solución de tipo parcial, ya que sólo podrá seguir o la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambos. (Orbegozo, Arivilca 2010)

6) De seguimiento solar de dos ejes. Este sistema hace posible realizar un seguimiento total del Sol en altitud y en azimut por lo que la radiación solar incidirá en forma perpendicularmente obteniéndose el máximo de captación posible. Se estima que con estos sistemas se puede lograr un aumento de entre el 30% y el 40% de la energía captada.

El inconveniente de este tipo de sistema es su elevada inversión económica y que requieren un mayor tiempo de instalación, pero según estudio hay un mayor aprovechamiento de la energía solar por tanto una mayor producción electricidad que llega a amortizar la instalación en un menor tiempo que en el caso de disponer de una instalación solar fotovoltaica de paneles estáticos. (Orbegozo, Arivilca 2010)

a. Tipos de material de módulos fotovoltaicos. Los formados por células de silicio mono cristalino, que están constituidos por un único cristal de silicio. Este tipo de módulos son de un color azul oscuro uniforme y poseen eficiencias con valores oscilan en el 15 %-17%. Los formados por células de silicio poli cristalino (multicristalino) están constituidos por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas y poseen eficiencias que oscilan entre el 12 %-14 %. Actualmente, el material más utilizado es el silicio mono cristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin. (Orbegozo, Arivilca 2010)

D. Componentes básicos de un sistema fotovoltaico

1. Regulador

- Este componente vital crea la conexión correcta entre el módulo, la batería y la carga (equipos de eléctricos o electrónicos).
- Direcciona la electricidad generada de los módulos FV en el momento de demanda de electricidad, el cual coincide con las horas de sol.
- En el caso que haya un exceso de potencia solar, este componente carga la batería (la potencia generada es mayor que la demanda de potencia).
- Impide daños en los cables y evita cortocircuitos en todo el sistema eléctricos.
- Protege la vida de la batería y evita que corriente de esta fluya hacia los módulos FV, en periodos que el sol está oculto.
- Protege a los acumuladores (baterías) de sobrecarga o descarga profunda, así como también los aparatos o equipo conectado al sistema. (Orbegozo, Arivilca 2010)

2. Acumuladores. Los acumuladores sirven para almacenar energía y consumirla en horas de poca radiación solar o por las noches. Estas están formadas por dos compuestos como el plomo y ácido. Poseen un polo negativo y positivo. La capacidad de estos se miden en A/h. (Orbegozo, Arivilca 2010)

Ilustración 132: Acumulador.



Fuente: Orbegozo, Arivilca.

3. Inversor. Es un dispositivo electrónico que funciona básicamente para transformar corriente continua de las baterías de 12 V, 24 V o 48 V a corriente alterna de 50 o 60 Hz y 110 V o 220 V. Estos se instalan cuando se necesitan equipos electrónicos que funcionan con corriente AC. (Orbegozo, Arivilca 2010)

Ilustración 133: Inversor de corriente.



Fuente: (Orbegozo, Arivilca, 2010)

4. Cables conductores. El material que convierte la energía eléctrica en otra forma de energía como el calor, se llama resistencia. La unidad de medida de resistencia es el Ohm. La resistencia de un material con área transversal uniforme se determina mediante, el material, longitud, área transversal y temperatura. A temperatura fija de 20 grados Celsius la resistencia esta relaciona con otros factores, como se muestra a continuación. (Boylestad, 2004)

$$R = \rho \frac{I}{A}$$

Donde:

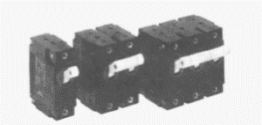
$\rho =$ resistividad del conductor en ohmios por unidad de distancia.

$I =$ corriente en amperios.

$R =$ resistividad del conductor en ohmios. (Boylestad, 2004)

5. Corta circuitos. Se utilizan en un sistema fotovoltaico cuando la corriente exceda las condiciones de clasificación. Un electroimán instalado en el dispositivo tendrá la suficiente fuerza para extraer el eslabón metálico de la conexión, cuando la corriente exceda un límite especificado. (Boylestad, 2004)

Ilustración 134: Corta circuitos.



Fuente: Boylestad.

E. Cálculos a considerar en sistema fotovoltaico o sistema eléctrico.

Es importante considerar la caída de voltaje en un sistema fotovoltaico por lo que algunos fabricantes de inversores y micro inversores, describen en los manuales las fórmulas adecuadas basadas en la ley de Ohm, para calcular dicha pérdida de eficiencia en el sistema. (Manual emphase energy, 2013)

1. Sistema monofásico.

$$\Delta V = \frac{A}{\text{inversor}} \times \#\text{inversores} \times \frac{R}{\text{metros}} \times \text{largo} \times 2\ \text{líneas}$$

2. Sistema trifásico

$$\Delta V = \frac{\frac{\text{Watts}}{\text{inversor}} \times \#\text{inversores} \times \frac{\text{Ohomios}}{\text{metros}} \times \text{línea}}{208\ \text{V}}$$

(Manual emphase energy, 2013)

3. Ley de ohm. Es importante considerar que la corriente es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia. (Boylestad, 2004)

$$E = I \times R$$

Donde:

E = voltios.

R = ohmios.

I = amperios.

4. Potencia. La potencia es una indicación de cuánto trabajo puede efectuarse en una cantidad específica de tiempo. (Boylestad, 2004)

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:

$$1\ \text{Watt (W)} = 1\frac{\text{joule}}{\text{segundo}}$$

Potencia = Watts (W)

t = tiempo en segundos (Boylestad, 2004)

5. Potencia eléctrica. La entrega de potencia o absorbida por un dispositivo eléctrico puede encontrase en términos de la corriente y el voltaje. (Boylestad, 2004)

$$\text{Potencia} = I \times V$$

6. Eficiencia. La eficiencia de un sistema eléctrico se determina como se describe a continuación. (Boylestad, 2004)

$$\eta = \frac{P_0}{P_i} \times 100\ \%$$

Donde:

η = eficiencia %.

P_0 = potencia de salida.

P_i = potencia de entrada.

7. Energía. La energía perdida o ganada por cualquier componente o sistema eléctrico se determina en Watt-hora, para la mayoría de propósitos prácticos mediante la ecuación. . (Boylestad, 2004)

$$W = P \times t$$

Donde:

W = Watt × hora.

P = Watt.

t = horas.

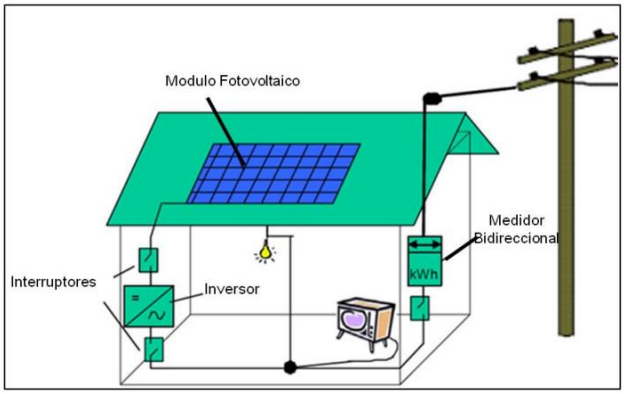
F. Tipos de sistemas fotovoltaicos

1. Sistemas interconectados a la red eléctrica. Estos se encuentran en zonas urbanas o rurales y poseen una fuente de alimentación solar así como un de la red eléctrica.

Componentes:

a. Panel o conjunto fotovoltaico.
b. Inversor de corriente.
c. Dispositivos de interconexión, protección y medición (interruptores, sistema de protección y contador bidireccional)

Ilustración 135: Sistema FV interconectado con la red.



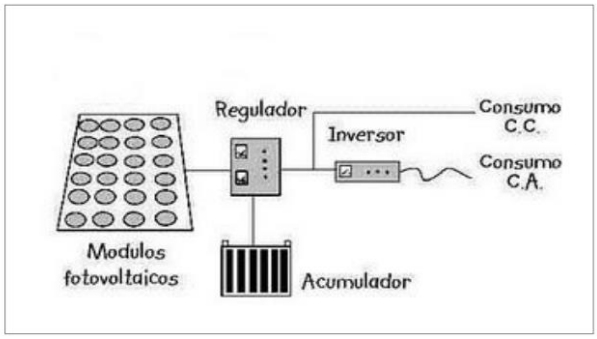
Fuete: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México (ProSolar).

2. Sistemas aislados. Estos se encuentran en zonas urbanas o rurales y poseen una fuente única de alimentación solar.

Componentes:

a. Panel o conjunto fotovoltaico.
b. Banco y cargador de baterías.
c. Dispositivos de interconexión y protección.
d. Inversor de corriente (opcional, para cargas en corriente alterna).

Ilustración 136: Sistema FV aislado.



Fuente: Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México (ProSolar).

G. Energía eólica.

La energía eólica es la energía cinética del viento convertida en energía mecánica, que posteriormente se convierte en energía eléctrica. Se puede decir que es una energía indirecta del Sol, ya que la radiación solar calienta las masas de aire y debido a esto hay diferencias de temperaturas y presión inducidas en la atmósfera; estos cambios son los que ponen en movimiento el aire generando el viento. Aproximadamente un 2% de la energía solar que recibe la Tierra se convierte en energía cinética del viento.

Para generar energía eléctrica a través de la energía del viento se utilizan los vientos locales, los cuales, se mueven desde zonas de baja presión a alta presión; determinando los vientos dominantes de un área más o menos amplia. Se establece por los rasgos orográficos los cuales provocan el calentamiento diferencial de las masas de aire, entre estos tipos de viento están las brisas marinas y terrestres, así como los vientos de valle.

Los vientos de valle se producen por el calentamiento de las montañas afectando la densidad del aire haciendo que el viento suba por la ladera de la montaña o baje por esta dependiendo si es de noche o de día. Los vientos locales afectan considerablemente las condiciones atmosférica y al clima en el lugar que se encuentran.

1. Ventajas. Una de las mayores ventajas que se encuentra en la energía eólica es que es una energía limpia, debido que no emite CO_2 ni otro agente contaminante a la atmósfera. Es una energía inagotable, ya que es generada por la velocidad de la masa de aire por las hélices de un aerogenerador, esto implica una gran ventaja ya que a pesar que el viento no es constante siempre se tiene disponibilidad del mismo.

La instalación de los parques eólicos pueden interactuar muy bien con la flora y fauna que los rodea y son de fácil instalación. La instalación de aerogeneradores se puede dar en casi cualquier lugar por el hecho que hay diferentes tipos, estos se pueden instalar en techos de casa para aprovechar ese espacio y reducir el costo de energía eléctrica dentro de un hogar.

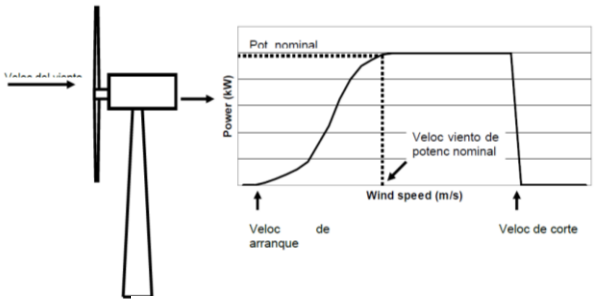
Es una tecnología que está desarrollando cada vez más, debido a estas mejoras cada vez es más económico producirla, cada vez los aerogeneradores son más eficientes y producen una mayor energía eléctrica con velocidades de vientos menores.

2. Desventajas. Es el alto costo de los aerogeneradores, esto obliga a tener que hacer una gran inversión para la instalación de un parque eólico. No todos los lugares son óptimos para la generación de energía eólica ya que se necesita de la disponibilidad de cierta cantidad de volumen y velocidad de viento. Cabe mencionar que hay lugares con gran recurso eólico pero no lo aprovechan debido que no poseen la eficiencia necesaria para que sea rentable producirla.

Para realizar parques eólicos se necesita una gran extensión de terreno plano y sin obstáculos como lo son edificios, montañas entre otros para que estos sean óptimos. Hay que tomar en cuenta el paso de las aves por el área ya que estas se pueden impactar contra los aerogeneradores causándoles daño y esto elevaría el costo del proyecto, esto es algo que no es frecuente que pase, pero si es necesario tomarlo en cuenta.

La energía producida por un aerogenerador va en función de la velocidad del viento. Sabiendo esta relación se puede realizar una curva de potencia, la cual muestra cuanta energía producirá el aerogenerador en las distintas velocidades del viento. Esta curva es diferente para cada modelo de turbina y en algunos casos también para las características de algún sitio en específico. En la gráfica se verá cuanta energía eléctrica pude producir a distintas velocidades del viento. Hay que tomar en cuenta que las velocidades del viento son variables dependiendo de la época y de otros factores climáticos, esto hace que la potencia que genera el aerogenerador también sea variable.

Ilustración 137: Generación eólica.



Fuente: Walter Hulshort.

Por lo general los aerogeneradores arrancan y comienzan a generar energía eléctrica a partir de una velocidad del viento entre 3m/s a 4m/s, logran llegar a la potencia nominal a aproximadamente a 13 m/s y tienen un freno de seguridad que se activa a una velocidad de 25 m/s. A esta velocidad se lo conoce como velocidad de corte ya que al llegar a esta velocidad dejan de producir energía y se apagan. La velocidad de corte la imponen en todos aerogeneradores para evitar daños en la turbina eólica. Dependiendo del tipo de aerogenerador que sea así será la manera de apagar el aerogenerador.

La velocidad nominal es la que nos da la potencia nominal la cual es la potencial máxima que puede generar un aerogenerador. A velocidades del viento entre la velocidad de arranque y la velocidad nominal, la potencia de salida es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

H. Antecedentes de la energía eólica

La energía eólica es de las energías más antiguas que existen en la humanidad, se utilizaban las velas de los barcos para movilizarse más rápido de un lugar a otro, como también usaban molinos los cuales se movían por el viento que golpeaba sus aspas.

Las primeras referencias escritas que se tienen sobre el uso de la energía eólica parten desde el siglo I, las cuales hablan sobre molinos de vientos utilizados en el funcionamiento de órganos. En el siglo VII se construyen molinos para moler trigo y extraer agua en Afganistán. En estos dos siglos se usaron molinos de eje vertical.

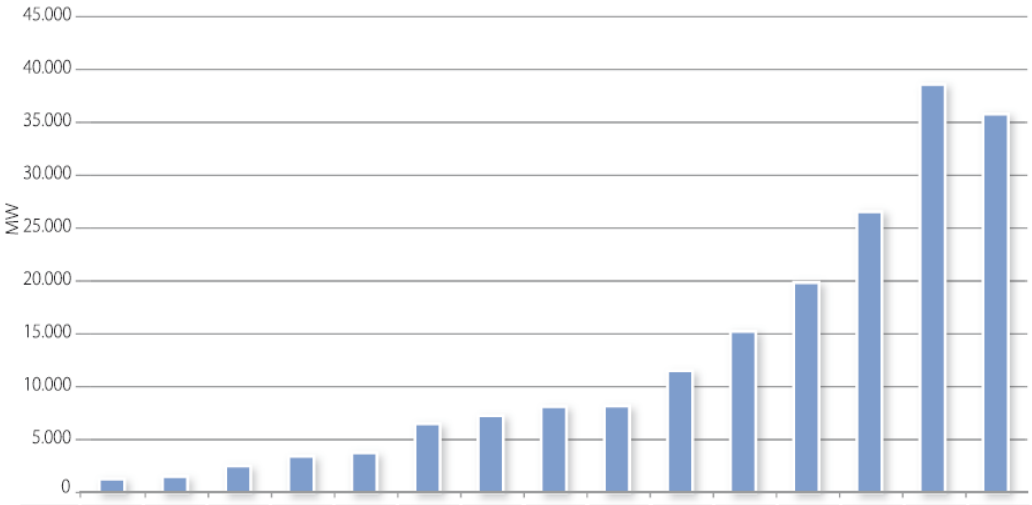
En el siglo XII se hizo frecuente el uso de esta tecnología en Europa, se comenzaron usar grandes estructuras de madera que giraban alrededor de un eje. En el siglo XIV se construyó en Francia el primer molino de torre. Luego, se utilizó alrededor de toda Europa para moler trigo.

I. Energía eólica en el mundo

La energía eólica con el tiempo ha ido aumentando su implementación alrededor del mundo, esto es debido que la tecnología ha ido creciendo haciendo los sistemas más eficientes y mucho más rentables de lo que eran años anteriores.

En la gráfica siguiente se puede observar el crecimiento que ha tenido año con año la energía eólica. Se puede notar que en el 2010 bajo con respecto al 2009 esto se debió a la economía mundial y a las crisis que se tuvieron años anteriores viéndose reflejadas en ese año.

Ilustración 138: Potencia instalada por año.

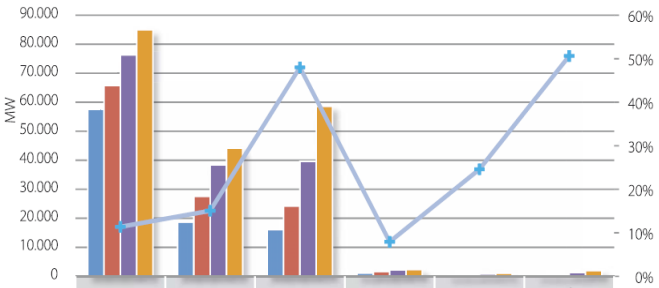


Año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MW	1.280	1.530	2.520	3.440	3.760	6.500	7.270	8.133	8.207	11.531	15.245	19.866	25.560	38.610	35.802

Fuente: GWEC, EWEA.

A nivel mundial se puede observar un crecimiento del 21% anual del 2004 al 2009. En Norteamérica y Asia tienen una tasa de crecimiento aproximadamente del 39% y 60% respectivamente, son las regiones que tienen un mayor crecimiento en el mundo. En el 2010 Asia fue el que tuvo una tasa de crecimiento mayor con un 48% mientras que Norteamérica y Europa de un 15.1% y 11.4% respectivamente.

Ilustración 139: Potencia acumulada por regiones y tasas de variación.

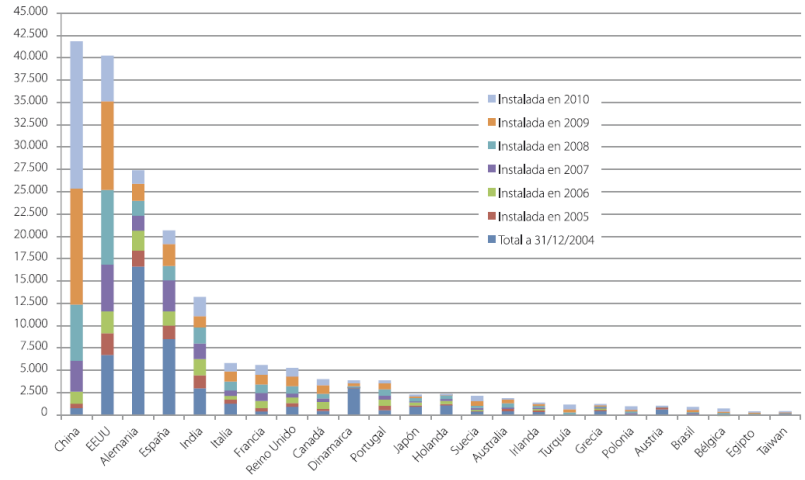


	Europa	Norte América	Asia	Pacífico	África y Este Medio	América Latina y Caribe
A 01/01/2008	57.546	18.670	16.091	1.158	538	573
A 01/01/2009	65.740	27.606	24.272	1.644	635	652
A 01/01/2010	76.303	38.405	39.621	2.221	866	1.333
A 01/01/2011	84.981	44.189	58.641	2.397	1.079	2.008
Tasa de variación 2010/2009	11,4%	15,1%	48,0%	7,9%	24,6%	50,6%

Fuente: GWEC, EWA y AEE.

En la gráfica siguiente se pueden observar las instalaciones que cada país ha hecho por año, dependiendo del crecimiento que ha tenido cada uno. Se puede también observar cual es el país que más usa y ha utilizado la energía eólica para la producción de energía eléctrica a través del tiempo.

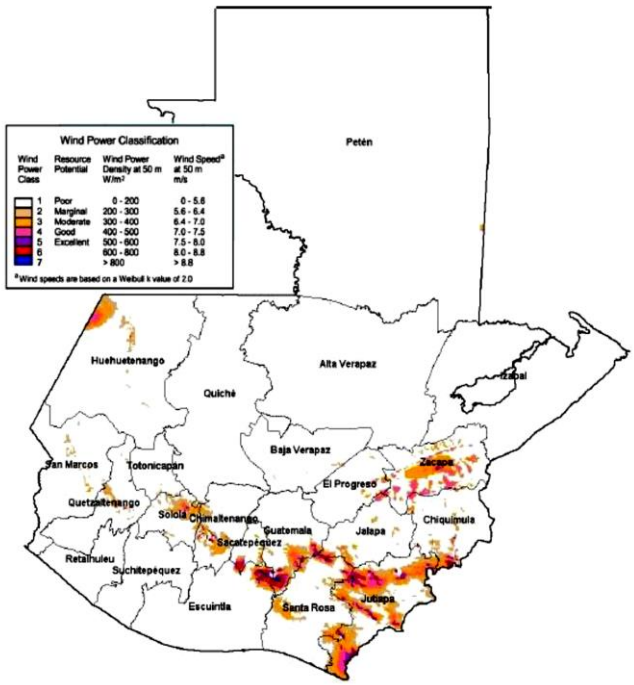
Ilustración 140: Potencia instalada (MW) por años y países (Ranking acumulado).



Fuente: GWEC, EWEA y AEE.

1. Energía eólica en Guatemala. En Guatemala hay un sistema de viento que sigue un patrón el cual ya es conocido por las distintas épocas del año. Durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero los vientos van hacia el norte, esto lo ocasiona un sistema de presión que se desplaza a través de la Península de Yucatán y el Golfo de México hasta llegar a estados unidos esta es la razón de la dirección del viento. (Humberto Muñoz)

Ilustración 141: Potencial eólico en Guatemala.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Ilustración 142: Velocidad del viento promedio anual y dirección predominante del viento modal anual.



Fuente: INSIVUMEH.

En los meses de marzo, abril, mayo y junio el viento toma una dirección hacia el sur debido al sistema de baja presión el cual se ubica en el Océano Pacifico. En los últimos meses de julio, agosto y septiembre la dirección del viento es para el norte debido a un anticiclón. Estos sistemas pueden ser modificados por la aparición de huracanes o cualquier tormenta que pueda hacer tanto la dirección como la velocidad. (Humberto Muñoz)

Las áreas con mayor potencial de viento dentro del país son: la parte sur del departamento de Guatemala, Sacatepéquez y una gran parte del departamento de Jutiapa.

J. Aerogeneradores

Los aerogeneradores se pueden definir como máquinas capaces de transformar la energía cinética producida por el viento en energía eléctrica, a través de un generador. Esta energía obtenida podrá ser cedida a la red eléctrica general, previamente transformada a la tensión adecuada. (Miranda, 2008)

Los avances tecnológicos han permitido que actualmente se cuente con dos categorías en relación a los aerogeneradores: aerogeneradores de eje horizontal y aerogeneradores de eje vertical. (Muñoz, 2012)

Existen diferente tipos de turbinas eólicas clasificadas por la posición del eje, del número de palas de los rotores, la potencia de los molinos, régimen de giro y la superficie en donde se sustenta el aerogenerador. Adicionalmente, las turbinas eólicas se pueden clasificar según su producción: residencial o comercial y parques eólicos.

1. Tipos de aerogeneradores

a. Eje horizontal. Poseen un rotor a barlovento con dos o tres palas. El rotor tiene un eje que es paralelo al suelo, por lo tanto esta horizontal al viento, por eso su nombre. Son los que más se fabrican hoy en día por su eficiencia, confiabilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes potencias.

Estos poseen su eje de rotación en su parte más alta a los cuales se les coloca una torre para que estén a una mayor altura. A los pequeños se les coloca una veleta para el viento para que este busque la dirección del viento y se coloquen en una posición óptima para aprovechar de mejor manera el viento. Cuando los aerogeneradores son muy grandes una veleta no es suficiente para mover su estructura por eso se les coloca sensores de dirección del viento y se mueven por motores.

Ilustración 143: Aerogenerador de eje horizontal.



Fuente: Energía renovable y verde.

b. Eje vertical. Estos son usados para sistemas pequeños de producción de energía. Estos poseen el eje perpendicular al flujo del viento que es lo mismo que decir que están perpendiculares al suelo.

Estos se colocan más cercanos al suelo ya que no necesitan llegar a tener grandes velocidades de viento, gracia a eso su instalación es más sencilla. No poseen un mecanismo de orientación debido que su estructura atrapa cualquier viento sin importar en qué dirección venga. Al no tener un sistema de frenado esto permite colocar más cerca los aerogeneradores uno del otro y al ser menos ruidoso esto permite colocarlo más cerca de los poblados.

Una de las razones por las cuales no son muy usados es por su baja eficiencia y porque no se pueden aprovechar los vientos de mayor altura que poseen mayor velocidad por lo general, su mantenimiento tiene un costo muy elevado en comparación con los de eje horizontal y necesitan de una conexión eléctrica para arrancar por lo contrario los que poseen un eje horizontal tienen velocidad mínima de viento para arrancar.

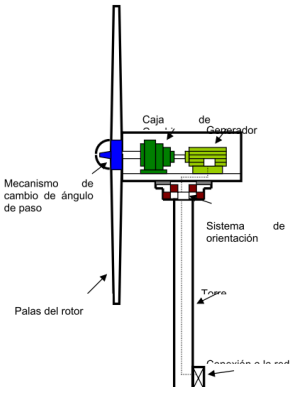
Ilustración 144: Aerogenerador de eje vertical.



Fuente: Energía renovable y verde.

2. Partes de un aerogenerador con eje horizontal. En este estudio se enfocara principalmente en los aerogeneradores de eje horizontal debido que son los que poseen una mayor eficiencia y capacidad para la producción de energía eólica.

Ilustración 145: Partes de un aerogenerador.



Fuente: Walter Hulshort.

1) Rotor. El rotor consiste en palas con formas especiales y con un diámetro determinado. El diámetro del rotor define la cantidad de viento que será interceptado por la turbina eólica, y por consiguiente, la cantidad de energía que una turbina eólica produce. Los rotores normalmente están compuestos de fibra de vidrio, plástico reforzado o madera. (Hulshorst, 2010)

2) Generador. El generador convierte el movimiento de rotación de las palas de la turbina eólica en electricidad. El generador puede producir corriente alterna o corriente continua. La categoría del generador depende de la longitud de las palas de la turbina eólica, entre más largas, mayor energía se genera. (Hulshorst, 2010)

3) Caja de cambios. Las cajas de cambios son cajas multiplicadoras de velocidad de giro para adaptar la velocidad del rotor a una velocidad adecuada para el generador. (Hulshorst, 2010)

4) Góndola. La góndola es la caja que contiene y protege a la caja multiplicadora, el generador y otros elementos dentro de ésta. (Hulshorst, 2010)

5) Sistema de orientación. El sistema de orientación alinea la turbina eólica con el viento. Generalmente se utiliza una cola, aunque hay ciertos mecanismos que desorientan la turbina en casos de vientos elevados. (Hulshorst, 2010)

6) Torre. La torre es una parte integrante del sistema de energía eólica por su tarea de sostener la turbina. Estas deben ser resistentes a la intemperie y a la velocidad del viento. Hay dos tipos de torres: auto soportado o anclado mediante cables. Las torres ancladas por cables generalmente se utilizan para sistemas domésticos. Aunque estos son más fáciles de instalar, necesitan más espacio para su instalación. (Hulshorst, 2010)

7) Sistemas de protección y control. Los sistemas de control abarcan desde interruptores, fusibles y reguladores de la carga de baterías hasta sistemas computarizados de control de sistemas de orientación, anemómetro, veleta y pararrayos. (Hulshorst, 2010)

8) Sistema de frenado. El aerogenerador generalmente se encuentra equipado con dos sistemas independientes de frenado, uno aerodinámico y otro mecánico, activados hidráulicamente e interrelacionados entre sí para detener la turbina en todas las condiciones de funcionamiento. El sistema mecánico incorpora un freno de disco hidráulico fijado al eje de alta velocidad, integrado por un disco de frenado y algunos calibradores hidráulicos con pastillas de freno. Ambos sistemas funcionan a partir de la unidad hidráulica situada en la parte delantera de la góndola. (Miranda, 2008)

3. Cimentación. Se le coloca una cimentación en la base de la torre para que esta estabilice la misma durante su vida útil. El cimiento recibe todo el peso del aerogenerador junto con la torre, la carga más significativa que tiene que soportar es la generada por los esfuerzos que provoca el viento. Debido a la torre

de gran altura la fuerza que ejerce el viento de forma horizontal provoca un momento flexionante en la cimentación.

Las cimentaciones más comunes son pocos profundas con una gran superficie de contacto con el terreno, esto varía dependiendo de qué tan bueno sea el suelo, si este es desfavorable se suelen incorporar pilotes. Al momento de enfocarse en la cimentación, se observa que la altura de la torre es un factor determinante para decidir el tipo de material y configuración a utilizar. La acción más determinante para dimensionar la cimentación en este tipo de estructuras, es el momento flector generado por el empuje del viento. Su magnitud es tan significante que exige cimentaciones de enormes dimensiones para garantizar la estabilidad estructural.

Los tipos de cimentaciones para los aerogeneradores han sido fundamentalmente: cimentaciones superficiales y cimentaciones superficiales con pilotes. En otras ocasiones especiales se han construido de mono-pilotes y con base de forma de trípode. El tipo de cimentación va a depender directamente del tipo de terreno que se posea. Para la cimentación onshore se utiliza una tabla la cual indica el tipo de cimentación con respecto al tipo de terreno que se posee.

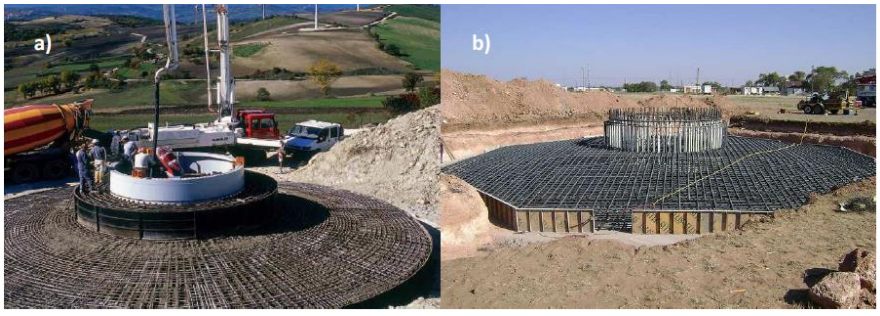
Cuadro 95: Tipo de cimentación según el terreno.

Tipo de terreno	Tipo de cimentación
Roca próxima a la superficie	Superficial de hormigón armado apoyado en la roca y anclado mediante pernos.
Terreno firme	Superficial de hormigón armado (puede incorporar pilotes).
Terreno de baja capacidad portante	Superficial de hormigón armado con pilotes.

Fuente: Herrando, G.

La cimentación superficial es aquella que tiene una gran extensión en planta con una forma circular o poligonal, la cual transmite las cargas que recibe y su propio peso al terreno.

Ilustración 146. Cimentaciones de una torre.



Fuente: Herrando, G.

Las cargas que transmite el cimiento al terreno principalmente son producidas por la estructura del aerogenerador con su torre y las fuerzas que genera el viento. El cimiento debe poder tener la capacidad de soportar tanto las fuerzas verticales que se generan por el peso y el momento que genera las fuerzas horizontales del viento. Entre mayor sea la área de contacto con la superficie menor será la presión ejercida al suelo, también eleva los costos del cimiento.

Se recomienda remover la capa superior del suelo para colocar el cimiento en un mejor terreno, en el momento que se hace un agujero en el suelo, se coloca el cimiento y se rellena el agujero con el suelo que estaba en el lugar, este peso ayuda a evitar el volteo de la estructura. Una vez colocado el cimiento este debe garantizar la estabilidad del aerogenerador, evitando que se deslice y su vuelco por la fuerza ejercida por el viento así también su asentamiento por el peso.

K. Cómo elegir el lugar para el parque eólico.

Para poder determinar si un lugar es óptimo para convertirse en un parque eólico se deben considerar tres fases:

1. Fase de exploración. En esta fase se hace una prospección eólica general y el diseño preliminar del sistema eólico.

2. Fase de planificación. En esta fase se hace una evaluación pormenorizada del lugar donde se quiere hacer el parque eólico y el diseño del sistema eólico.

3. Fase de operación. En esta fase se hace una predicción del régimen de viento y la valuación operacional del sistema eólico.

Características a tomar en cuenta:

- Velocidad media del viento.
- Ausencia de rachas fuertes y frecuentes.
- Un viento lo más lamiar posible.
- Dirección predominante de los vientos.
- Viento constante.

4. Condiciones del terreno.

- Que el terreno sea lo más plano posible y que no tenga obstáculos en un radio de aproximadamente 500 m alrededor del parque.
- Un terreno donde se puedan colocar los aerogeneradores con una distancia de 10 veces su diámetro en la dirección predominante del viento y de unas 3 a 7 veces su diámetro en la dirección perpendicular al mismo.

- Que los aerogeneradores no estén cerca de un poblado para evitar el impacto paisajístico y sonoro.
- El lugar deberá presentar una accesibilidad adecuada.

5. Redes eléctricas.

- Es aconsejable que la red de alta tensión esté cerca, para disminuir el costo del sistema de interconexión y de transporte.

6. Impacto medioambiental.

- Se debe tomar en cuenta cómo los aerogeneradores afectaran con el paisaje de la zona, así mismo cómo afectaran a la flora y fauna del lugar.
- Hay que tomar en cuenta si los aerogeneradores no afectarán a la onda de radio, telefonía o televisión del lugar.

7. Criterios para elegir el lugar del parque eólico.

- Viabilidad técnica.
- Acuerdos con propietarios.
- Leyes ambientales y de construcción.

L. Costo de implementar un parque eólico.

Se estimaron los costos para instalar un parque de 40MW usando a Estados Unidos y Europa como referencia. Un parque de esta magnitud se considera un gran parque eólico. Para poder darle esta clasificación se suele tomar en cuenta la potencia instalada por equipo. En este caso se consideraran aerogeneradores por encima de los 1.5MW. El mayor costo de la inversión está condicionado por el costo de los aerogeneradores.

El valor que se usa como referencia internacional al momento de realizar una comparativa entre distintas tecnologías y configuraciones es el precio del kW instalado (€/kW). Acá se puede observar que a mayor desarrollo de la tecnología, menor costo de inversión y producción. Entre más aerogeneradores se instalen, mayor será el porcentaje que suponga su precio al respecto a la inversión total. Este porcentaje del costo tiende a aumentar ya que los costos de instalación de los aerogeneradores no son proporcionales al precio de los mismos. Para calcular esto se aplica conceptos de economía de escala.

Al trabajar con grandes aerogeneradores, el costo de los mismos supone ya un 76% del costo de instalación del parque completo. La obra civil no llega al 7% del costo del proyecto no supera el 5%. En la siguiente tabla se mostrará el desglose de los conceptos principales a tomar en cuenta en el estudio económico del parque eólico. Se calculó el presupuesto usando al modelo G90 de GAMESA, pero tanto el G97 como el VESTAS V90 tienen costos muy parecidos. Utilizados en España y Estados Unidos por ser los modelos con

mejores características, como durabilidad, eficiencia, entre otras los cuales los hacen ser los más rentables para construir un parque eólico.

Cuadro 96: Costos de inversión de un parque eólico.

Apartado	Concepto	Precio	%
1. Aerogeneradores	1.1 Aerogeneradores GAMESA G90 (2 MW). Torre de 80m. Incluye dispositivos de transformación en el interior, la virola de anclaje a la zapata, transporte, montaje, conexionado interno, puesta en marcha de la instalación y sistema de control.	1.900.000 €	
	x 20 unidades	38.000.000 €	76,3%
2. Equipos eléctricos	2.1 Equipos eléctricos adicionales en tierra para hacer la adaptación eléctrica de conexionado a red.	4.725.000 €	
		4.725.000 €	9,5%
3. Obra civil	3.1 Cimentaciones para la colocación de los aerogeneradores.	1.750.000 €	
	3.2 Accesos y caminos interiores del parque: viales y plataformas, zanjas y sistemas de drenaje.	1.650.000 €	
		3.400.000 €	6,8%
4. Infraestructuras eléctricas y de comunicaciones	4.1 Red de media tensión MT 20KV acompañada de red de fibra óptica en tierra.	1.250.000 €	
		1.250.000 €	2,5%
5. Documentación y proyectos	5.1 Proyecto.	325.000 €	
	5.2 Estudio geotécnico.	343.000 €	
	5.3 Diseño de cimentaciones	75.000 €	
	5.4 Dirección facultativa.	360.000 €	
	5.5 Seguridad y salud.	60.000 €	
	5.6 Control de calidad.	87.000 €	
	5.7 Documentación.	57.000 €	
	5.8 Revegetación.	102.000 €	
	5.9 Revegetación.	1.000.000 €	
		2.409.000 €	4,8%
	Total presupuesto	49.784.000 €	
	Precio/kW instalado	1.245 €	

Fuente: Juan Manuel Molina.

1. Costos de producción. Al momento de hacer un estudio de viabilidad económica de un parque eólico es indispensable conocer cuánto cuesta producir cada unidad de energía eléctrica (kWh). Este término se expresa en c€/kWh. Los costos de producción engloban dos conceptos diferenciados:

a. Costos de explotación. Estos costos los comprenden la explotación, mantenimiento, alquiler de terrenos, gestión, administración, seguros e impuestos.

b. Costos de financiación. Estos costos los comprenden los gastos financieros derivados de la constitución de un préstamo bancario, necesario para la puesta en marcha de la explotación. Cuando se aumenta la potencia de los aerogeneradores instalados se logra que por economía de escala, se reduzcan los

costos de producción del kWh en energía eólica. Se hace un análisis de los costos de explotación del parque eólico analizado en base a los estándares más normalizados de implantaciones eólicas terrestres en la EU y USA.

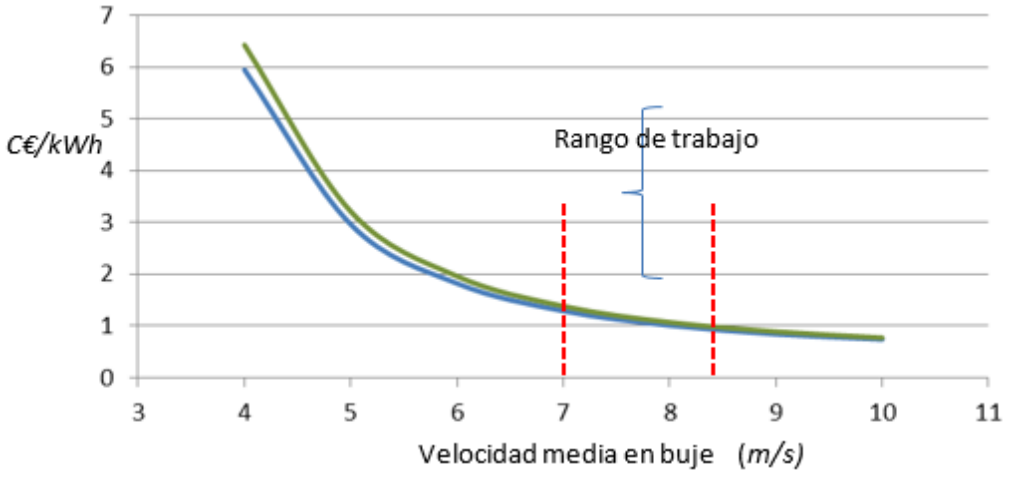
Cuadro 97: Costos de explotación del proyecto.

Apartado	Concepto	Precio	%
1. Operación y mantenimiento	Personal encargado de llevar a cabo la operativa del parque y gastos de mantenimiento.	810.000 €	60%
2. Alquiler de terrenos	Pagos en concepto de alquiler de los terrenos ocupados por el parque eólico.	216.000 €	16%
3. Gestión y administración	Gestión de la explotación y administración.	153.000 €	11%
4. Seguros e impuestos	Seguros e impuestos.	180.000 €	13%
	Total costo anual de explotación.	1.359.000 €	
	Costo de explotación (c€/kWh)	0,94	c€/kWh

Fuente: Juan Manuel Molina.

El costo de explotación en torno al céntimo de euro por kWh producido esta en la línea de los datos proporcionados por los informes anuales de producción de la AEE. En esta gráfica se muestra el costo unitario de explotación en función del valor de velocidad media a la altura del buje.

Ilustración 147: Costo unitario de explotación.



Fuente: Juan Manuel Molina.

En esta gráfica se puede observar el costo unitario de explotación del recurso eólico en función de la velocidad media del viento a la altura del buje del aerogenerador. Con estos datos se nota que entre más alto este el aerogenerador, será más económico el parque eólico.

Cuadro 98: Costos de explotación según la altura.

	(c€/kWh)	
<v> *(m/s)* a la altura del buje	G90	V90
4	5,95	6,43
5	2,96	3,21
6	1,82	1,96
7	1,29	1,38
8	1,01	1,07
9	0,84	0,89
10	0,74	0,77

Fuente: Juan Manuel Molina.

M. Conceptos básicos sobre iluminación para la aplicación de un sistema de alumbrado público.

A continuación se presentan los términos básicos sobre la iluminación, que son de gran importancia considerar en el diseño e implementación de postes de alumbrado público.

1. Luz. La luz es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga por medio de radiaciones; es decir, de perturbaciones constantes y periódicas del estado electromagnético en el espacio; este fenómeno físico se puede conocer como energía radiante. (Jiménez, Mynor, 2012)

2. Fundamentos de iluminación. La luz como tal se considera esencial en la mayoría de ámbitos del ser humano y de la naturaleza, ya que hace posible la visión del entorno. Además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética, ambientación, afectar el rendimiento visual e incluso influir en el estado anímico de las personas. (Jiménez, Mynor, 2012)

La iluminación se mide en la cantidad de luz que incide sobre una superficie, medida en luxes o footcandles. Esta cobra importancia cuando es de vital importancia en un proyecto que implica iluminación, por tanto se convierte en ingeniería de iluminación. (Jiménez, Mynor, 2012)

3. Flujo luminoso. Es la cantidad de luz que fluye en un determinado tiempo y es medido en lúmenes. Es una medida del total de la luz emitida por una fuente y es comúnmente usada para determinar la salida total del flujo luminoso de cualquier tipo de lámpara. Dependiendo el tipo de aplicación se determina la cantidad de lúmenes requeridos. (Jiménez, Mynor 2012)

4. Iluminancia. Es la cantidad de luz que incide en la unidad de área y es medida en footcandles (pies candela) o luxes. Se define por la intensidad (I) en candelas, dirigida hacia un punto llamado "P", dividida por el cuadrado de la distancia (D) de la fuente luminosa a la superficie a iluminar. (Jiménez, Mynor 2012)

5. Temperatura de color. Expresa el color emitido por de una fuente luminosa en unidades Kelvin. (Jiménez, Mynor 2012)

6. Tipos de luminarias para alumbrado público.

   a. Diferentes tecnologías.

- Incandescentes comunes y halógenas.
- Vapor de mercurio de baja y alta presión.
- Vapor de mercurio con halogenuros metálicos.
- Vapor de sodio de baja y alta presión.
- Inducción magnética.
- Iluminación electrónica (LEDs).

7. Ventajas de luminarias LED.

- Por su forma de funcionamiento, convierten en luz prácticamente toda la energía que consumen.
- Producen muy poco calor.
- No atraen insectos.
- No hay zócalos, cables o circuitos quemados.
- No producen "carbonilla".
- Muy poco o ningún tipo de mantenimiento.
- Mantienen su rendimiento luminoso para variaciones de frecuencia y de tensión de alimentación del orden del 20%.
- No parpadean.
- No las afectan los ciclos de encendido y apagado.
- No necesitan "arrancar" por lo que no requieren complejos circuitos especiales que consuman energía y agreguen motivos de falla.
- No necesitan circuitos adicionales para aprovechar toda.
- La energía suministrada por la red eléctrica (Factor de potencia:>0,95).

(Evaluación Corporativa, Energreencol, 2010.)

8. Comparación de luminarias de alumbrado público.

Ilustración 148: Comparación de luminarias.

CARACTERÍSTICA	LUMINARIA VSAP (250W)	LUMINARIA MIM (100W)	LUMINARIA LED (120W)
Rendimiento color (CRI Ra)	40	80	75
Temperatura de color (ºK)	2100 a 3500	4100 a 5500	2800 a 7000
Rendimiento luminoso (lm/W)	130	80	110
Factor de corrección por percepción visual	0,76	1,62	2
Rendimiento luminoso percibido (plm/W)	98.8	129,6	220
Coeficiente de iluminación(%)	70	90	99
Factor de mantenimiento	0,85	0,9	0,99
Vida útil promedio (hs)	25.000	>60.000	>100.000
Degradación durante vida útil (%)	60	50	50

Fuente: Evaluación Corporativa, Energreencol.

9. Mantenimiento de un sistema de alumbrado público en Guatemala, según Energuate.

- Sustitución de focos.
- Sustitución fotoceldas.
- Traslado de lámparas y postes.
- Verificación de voltajes, *etc*.

10. Operación de sistemas de alumbrado público en Guatemala, según Energuate.

- Líneas de corriente monofásica.
- Líneas de corriente trifásica.

(Energuate, 2014)

Ilustración 149: Fotografía alumbrado público agosto 2014, Santa Elena Barillas, Villa Canales.



Fuente: Elaboración propia.

N. Leyes del Mercado Eléctrico Guatemalteco, que amparan un sistema con energía renovable.

En el decreto 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, se le atribuye en el artículo 34 al Ministerio de Energía y Minas en atender lo relativo al régimen jurídico aplicable en temas de producción, distribución y comercialización de la energía y de los hidrocarburos, y a la explotación de los recursos mineros. En el inciso "a" del mismo artículo se le atribuye funciones para estudiar y fomentar el uso de fuentes nuevas y renovables formas de energía para lograr la autosuficiencia energética del país. (Congreso de la República de Guatemala, Decreto 114-97, 1997)

El Ministerio de Energía y Minas promulgo la Ley General de Electricidad, en el Decreto Número 52-2003 de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable en el Acuerdo Gubernativo No. 211-2005 en el Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, en cuyos apartados principales menciona textualmente, que considerando:

"Que Guatemala cuenta con recursos naturales renovables suficientes en cantidad y calidad, y que su aprovechamiento otorgará al país una mayor independencia en la compra de los combustibles fósiles, facilitando con ello el suministro de energía económica a favor del consumidor final"

"Que se hace necesario emitir una norma legal que promueva en forma activa el desarrollo y aprovechamiento efectivo de los recursos energéticos renovables en Guatemala"

La ley de Incentivos para Energías Renovables, define y establece un marco muy favorable para empresas y personas jurídicas individuales que desean invertir en tecnologías para la producción de este tipo de energía, a continuación se cita textualmente, algunos apartados principales:

"Artículo 1. Urgencia e interés nacional. Se declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables. El órgano competente estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin".

"Artículo 2. Objeto. La presente Ley tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto".

"Artículo 5. Incentivos. Las Municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación -INDE-, Empresas Mixtas, y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozarán de los siguientes incentivos:"

"Exención de derechos arancelarios para las importaciones, Impuesto al Valor Agregado -IVA-, cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo, utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable. Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación

de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT, quien se encargará de calificar y autorizar la importación."

"Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT, quien se encargará de calificar y autorizar la importación. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva durante el período de preinversión y el período de construcción, el cual no excederá de diez (10) años." (Ministerio de Energia y Minas, el Decreto Número 52-2003,2005)

A continuación se transcribe fragmentos importantes de la Ley General de Electricidad:

"Artículo 8. Es libre la instalación de centrales generadoras, las cuales no requerirán de autorización de ente gubernamental alguno y sin más limitaciones que las que se den de la conservación del medio ambiente y de la protección a las personas, a sus derechos y a sus bienes. No obstante, para utilizar con estos fines los que sean bienes del Estado, se requerirá de la respectiva autorización del Ministerio, cuando la potencia de la central exceda de 5 MW. El Ministerio deberá resolver sobre las solicitudes de las autorizaciones en un plazo de noventa (90) día contados a partir de la fecha en que se presenten las mismas, previo a que el solicitante haya cumplido con lo estipulado en el artículo 10 de esta ley y de acuerdo con lo que al respecto establece su reglamento."

"Artículo 10. Los proyectos de generación y de transporte de energía eléctrica deberán adjuntar evaluación de impacto ambiental, que se determinará a partir del estudio respectivo, el que deberá ser objeto de dictamen por parte de la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA dentro de un plazo no mayor de sesenta (60) días a partir de su recepción."

"Artículo 14. Cualquier persona individual o jurídica podrá solicitar la autorización para la instalación de centrales generadoras y para prestar los servicios de transporte de conformidad con lo estipulado en esta ley."

"Artículo 22. Certificado de Reducción de Emisiones. El titular de un proyecto gestionará ante la autoridad competente u organismo que determine el Ministerio para el efecto, la cuantificación de las emisiones reducidas o desplazadas por el proyecto que desarrolla, con el objeto de solicitar oportunamente la emisión del certificado de reducción de emisiones."

En el acuerdo Gubernativo 68-2007 se establece en el artículo 39 una restructuración y se define que son agentes son Agentes del Mercado Mayorista los generadores, comercializadores, distribuidores, importadores, exportadores y transportistas, que cumpla con los siguientes límites:

- “Generadores: una Potencia Máxima mayor de cinco megavatios (5 MW)”.
- “Comercializadores: comprar o vender bloques de energía asociados a una Oferta Firme Eficiente o demanda Firme de por lo menos dos megavatios (2 MW). Los mismos límites se aplicarán a los importadores y exportadores”.
- “Distribuidores: tener un mínimo de quince mil (15,000) usuarios”.
- “Transportistas: tener capacidad de transporte mínima de diez megavatios (10 MW)”.
- “Tales límites serán revisados periódicamente y podrán ser modificados por el Ministerio, a fin de acomodarse a la realidad de los mercados eléctricos”.

(Ministerio de Energía y Minas ,Ley General de electricidad,1996)

O. Impacto ambiental.

El efecto invernadero de la Tierra es un fenómeno natural que ayuda a regular la temperatura de nuestro planeta. Este efecto ocurre debido al calor atrapado en la Tierra por las nubes y los gases de efecto invernadero, tales como el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO_2). Si todos estos gases fueran a desaparecer repentinamente, la temperatura de nuestro planeta sería 15.5 grados Celsius menor y por lo tanto, éste sería inhabitable. Sin embargo, si la cantidad de GEI es demasiado alta, la temperatura del planeta aumenta, porque una mayor cantidad de calor es atrapado en la atmósfera. Durante los últimos años se ha demostrado que las actividades industriales representan un impacto ambiental negativo mediante las emisiones de GEI, por tanto para mitigar este fenómeno durante los últimos años se ha fomentado la implementación de proyectos con energías renovables. (E&Co, FENERCA 2001)

Una de las formas de medir el impacto ambiental de un proyecto que consume o genera energía, es midiendo la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales pueden repercutir en la atmósfera terrestre. Para el sistema de alumbrado público LED con alimentación solar se calcula la cantidad de CO_2 reducido en función de los KWh producidos y consumidos, para obtener el beneficio que representa dicho sistema al medio ambiente. El cálculo se realiza sumando los KWh obtenidos del sistema fotovoltaico, con los KWh hora ahorrados por las lámparas LED de 30 Watts y restando los KWh consumidos por las mismas lámparas LED de la red electica. El valor obtenido se multiplica por el factor de emisión de CO_2 aceptado internacionalmente, según E&Co (2001), corporación de inversiones sin fines de lucro, con funciones dentro de FENERCA (Financiamiento de Empresas de Energía Renovable en América Central), programa promovido por USAID (Agencia de los Estados Unidos de América para el desarrollo Internacional). Este cálculo tiene finalidad de demostrar la reducción de emisiones de GEI, por medio de un proyecto que sea eficiente y utilice una fuente renovable de energía.

Ilustración 150: Toneladas de CO_2, según tipo de combustible, 1 MWh =3.6 GJ.

Combustible	Tons CO2/GJ
Carbón	0.0946
Gas natural	0.0561
Fuel oil	0.0774
Diesel	0.0741
Propano	0.0631

Fuente: E&Co, FENERCA.

P. Análisis estadístico

Para determinar las proyecciones de la demanda de energía por alumbrado público, fue necesario investigar la tasa de crecimiento de la población, ya que este valor está relacionado con la demanda de servicios básicos de la población del municipio de Villa Canales, ya que el "Condado Santa Elena", se encuentra dentro del mismo. Por consiguiente, se recurrió al método estadístico geométrico, para obtener una estimación cercana a corto y largo plazo.

1. Método geométrico. También conocido como interés compuesto y supone una tasa de crecimiento porcentual constante en el tiempo y puede ser utilizada para proyecciones de periodos largos de tiempo. Donde "r" es la tasa de crecimiento observado. (Torres, Degro A., 2011)

$$r = (\frac{N_t}{N_0})^{1/t} - 1$$

Donde:

N_o = Población inicial del período.

N_t = Población final del período.

t = tiempo entre N_0 y N_t en años.

Q. Análisis financiero, para sistema de alumbrado público con lámparas LED y sistema de inyección energética a la red eléctrica.

A continuación se definen los conceptos importantes para determinar la rentabilidad del proyecto propuesto y verificar la tasa de retorno, en base a la energía anual ahorrada. Al proceso de evaluación y selección de inversiones a largo plazo que son congruentes con la meta de maximización de la riqueza de los dueños de una empresa o proyecto, se define como: elaboración del presupuesto de capital.

La inversión de capital en un proyecto o empresa se define como el desembolso de fondos por parte de la firma o inversionista, del cual se espera que genere beneficios durante un periodo mayor de un año. (Lawrence J. Gitman, 2012)

1. Método de Valor Presente Neto. El método del Valor Presente Neto descuenta los flujos de efectivo de la empresa del costo de capital. Esta tasa es el rendimiento mínimo que se debe ganar en un proyecto para satisfacer a los inversionistas de la empresa o proyecto propuesto. Los proyectos con menores rendimientos no satisfacen las expectativas de los inversionistas y, por lo tanto, disminuyen el valor de la empresa, en tanto que los proyectos con mayores rendimientos incrementan el valor de la empresa. (Lawrence J. Gitman, 2012)

$$\text{VPN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{\text{FE}_T}{(1+\text{K})^t} - FE_0$$

Donde:

$\text{FE}_T =$ flujo de efectivo en el tiempo.

$\text{K} =$ Tasa de interés.

$\text{t} =$ Tiempo (años, meses, $etc..$).

$\text{FE}_0 =$ Inversión inicial.

a. Criterios de selección. Si el VPN es mayor que 0, el proyecto se acepta. Si el VPN es menor que 0, el proyecto se rechaza.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa interna de rendimiento o de retorno (TIR) es una de las técnicas más utilizadas para la elaboración de un presupuesto de capital. La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala el VPN de una oportunidad de inversión, para obtener un valor cero. Debido a que el valor presente de las entradas de efectivo es igual a la inversión inicial; la tasa interna de retorno representa lo que ganará económicamente la empresa si invierte en el proyecto y recibe las entradas de efectivo esperadas. (Lawrence J. Gitman, 2012)

$$FE_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{\text{FE}_T}{(1+\text{TIR})^t}$$

Donde:

$\text{FE}_T =$ flujo de efectivo en el tiempo.

$\text{TIR} =$ tasa interna de retorno.

$\text{t} =$ tiempo (años, meses, $etc..$).

$\text{FE}_0 =$ inversión inicial.

a. Criterios de decisión. Si la TIR es mayor que el costo de capital, se acepta el proyecto. Si la TIR es menor que el costo de capital, se rechaza el proyecto. (Lawrence J. Gitman, 2012)

R. Antecedentes.

1. Potencial de radiación solar de "Condado Santa Elena" ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala. En el estudio: *Identificación de potencial de Energía Solar por medio de la insolación en sitios del programa de medición de la red hidrométrica del INSIVUMEH*, se recolectaron datos del potencial solar medidos en el año 2011 realizados con un piranómetro calibrado; instrumento con el cual se utilizó para tomar de forma continua mediciones de irradiación solar promedio por día por mes, para verificar si los datos publicados en el mapa solar del INSIVUMEH estaban dentro del rango esperado. Cuatro de las siete estaciones mostraron según los datos recolectados, estar dentro del rango esperado, entre ellas la "Estación Sinóptica La Aurora", ubicada en zona 13 La Aurora, Ciudad Guatemala. Se observó un decrecimiento común de insolación en todos los sitios de medición en los meses de abril a mayo y de mayo a junio, así como un crecimiento en seis de los siete sitios de medición en los meses de enero a febrero y de febrero a mayo, este comportamiento incluye a la "Estación Sinóptica La Aurora".

En el estudio *Identificación de potencial de Energía Solar por medio de la insolación en sitios del programa de medición de la Dirección General de Energía*, se recolectaron datos de insolación con el mismo instrumento de medición durante el periodo del 2007 al 2010 y en el análisis se observó que los decrecimientos comunes se dieron en el mes de mayo del periodo de los años 2007 al 2009 y para el mes de septiembre en los años del 2008 al 2010. Tres de las estaciones de medición se encontraban en Jutiapa, pero en aldeas diferentes, las cuales mostraron un valor muy similar entre ellas de radiación solar, así como un comportamiento muy similar en crecimiento, como en decrecimiento del potencial solar.

En base los estudios anteriores y por la cercanía relativa aproximada de 26.9 kilómetros entre Santa Elena Barillas Villa Canales, Guatemala y La "Estación sinóptica La Aurora" La Aurora, ubicada en la municipio de Guatemala, se tomaron como referencia los cuadros de irradiación promedio recolectados por esta estación, para cálculos posteriores en la producción de energía solar, para el "Condado Santa Elena".

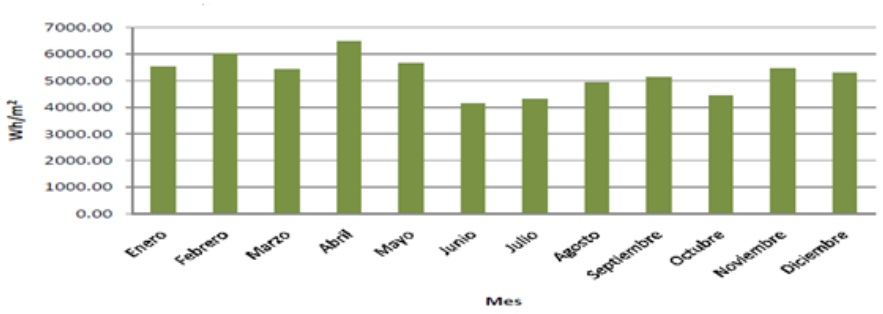
Ilustración 151: Distancia entre Santa Elena Barillas, Villa Canales y "Estación Sinóptica la Aurora.



Fuente: Mapas de Google.

a. Irradiación solar mensual por día promedio de la “Estación Sinóptica La Aurora”, año 2011. A continuación se muestra las cuadros de las mediciones de irradiación mensual promedio por día de la “Estación Sinóptica La Aurora”, La Aurora, Guatemala. Estos datos graficados serán utilizados para cálculos de generación de energía eléctrica, que se inyecta a la red, por medio de un sistema de paneles solares, para ¨El Condado Santa Elena¨.

Ilustración 152: Insolación promedio mensual de la “Estación sinóptica La Aurora”, año 2011.



Fuente: *Identificación de potencial de Energía Solar por medio de la insolación en sitios del programa de medición de la red hidrométrica del INSIVUMEH*.

Ilustración 153: Insolación anual promedio por mensual de la “Estación sinóptica La Aurora”, año 2011.

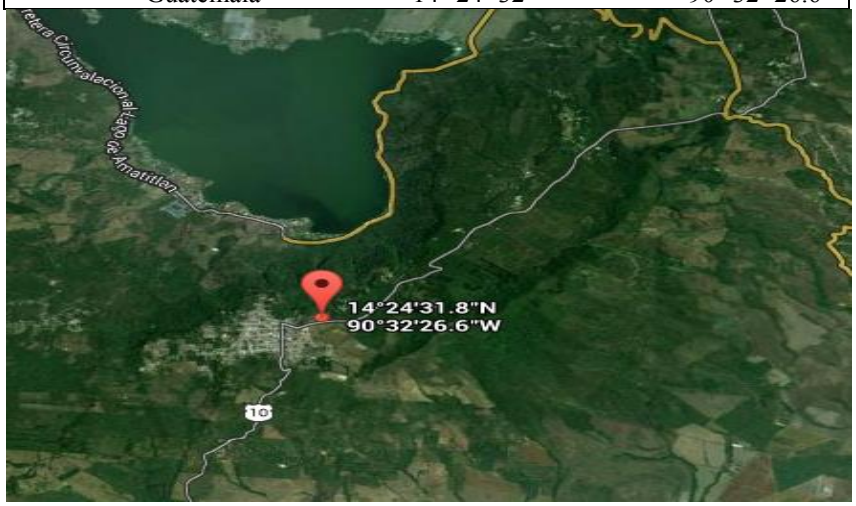
Número	Mes	Insolación Promedio (Wh/m²)
1	Enero	5519.18
2	Febrero	6032.23
3	Marzo	5424.17
4	Abril	6494.58
5	Mayo	5659.32
6	Junio	4161.03
7	Julio	4303.80
8	Agosto	4935.93
9	Septiembre	5144.48
10	Octubre	4439.54
11	Noviembre	5470.48
12	Diciembre	5299.07
Promedio	Wh/m²	5240.32
Máximo	Wh/m²	6494.58
Mínimo	Wh/m²	4161.03
Desviación Estándar	Wh/m²	696.02

Fuente: *Identificación de potencial de Energía Solar por medio de la insolación en sitios del programa de medición de la red hidrométrica del INSIVUMEH*.

b. Ubicación geográfica de Santa Elena Barillas:

Ilustración 154: Coordenadas de Santa Elana Barillas, Villa Canales, Guatemala.

	N	O
Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala	14° 24′ 32′′	90° 32′ 26.6′′



Fuente: Mapas de Google.

Ilustración 155: Coordenadas “Estación Sinóptica La Aurora”, La Aurora Guatemala.

	N	W
"Estación Sinóptica La Aurora", La Aurora, Guatemala	14° 34′ 28.36′′	90° 30′ 53.29′′

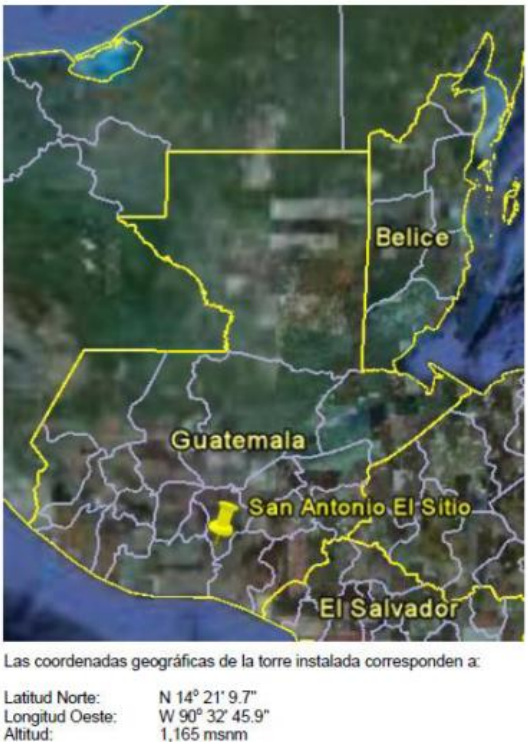


Fuente: Mapas de Google.

S. Energía eólica en la finca el Rincón.

1. Comportamiento del recurso eólico. La torre de donde se obtuvo la velocidad y dirección del viento fue instalada por MEM en la finca San Antonio El Sitio ubicada en la aldea Los Llanos, municipio Villa Canales, departamento de Guatemala. La cual está cercana a Santa Elena Barrillas y de la finca el Rincón.

Ilustración 156: Localización de la finca san Antonio el sitio.

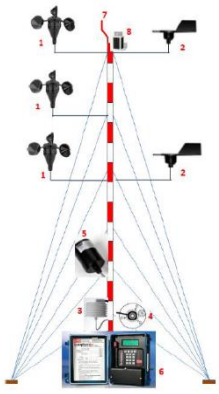


Fuente: Tesis *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*.

La torre tiene una altura de 51 metros y es del tipo celosía, la cual posee un equipo que mide la velocidad y dirección del viento, radiación solar y la presión, con una oscilación de diez minutos, los cuales los almacena en una base de datos. La torre está dividida en:

- Medidores de velocidad: están ubicados en 3 diferentes alturas, 51m, 40m y 30m.
- Veletas: estas están ubicadas a 51m y 30m.
- Sensor de temperatura.
- Sensor de radiación solar.
- Registrador de datos (Data Logger).
- Pararrayo con su tierra.
- Una baliza.

Ilustración 157: Componentes de la torre de medición.



Fuente: Tesis *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*.

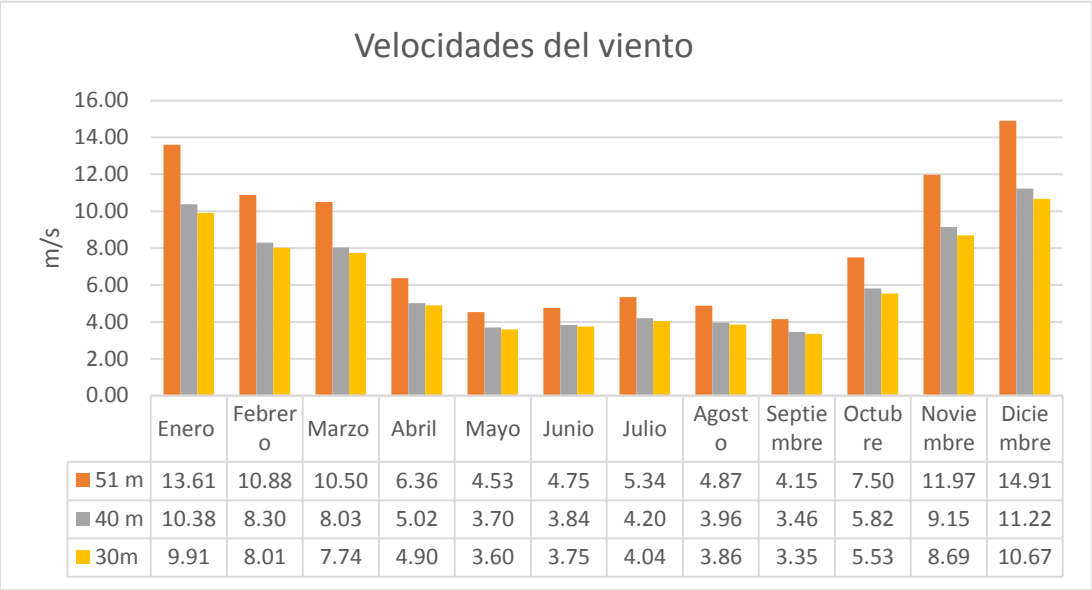
El periodo en el cual se tomaron las mediciones del Cuadro 99 fue a partir de julio del 2011 a junio del 2012, para finalizar el año completo. Las mediciones que realizaron los anemómetros fueron con intervalos de 10 minutos, esto permite obtener datos más certeros por las variaciones que pueden tener las corrientes de aire y darse cuenta que tan constante es son dichas corrientes. El Cuadro 99 representa las mediciones que se obtuvieron del lugar donde se encontraba la torre.

Cuadro 99: Características del viento.

Sensor	Anemómetro			Veleta		Temp. sensor
Medición	Velocidades del viento (m/s)			Dirección del viento (Grados)		Temperatura (ºC)
Altura (m)	51	40	30	51	30	10
Enero	13.61	10.38	9.91	279.84	278.41	20.37
Febrero	10.88	8.30	8.01	272.63	271.52	21.24
Marzo	10.50	8.03	7.74	251.55	253.03	21.50
Abril	6.36	5.02	4.90	208.88	215.17	21.81
Mayo	4.53	3.70	3.60	189.52	192.50	21.93
Junio	4.75	3.84	3.75	198.39	205.67	21.51
Julio	5.34	4.20	4.04	199.71	198.05	21.51
Agosto	4.87	3.96	3.86	196.02	199.16	21.62
Septiembre	4.15	3.46	3.35	187.71	194.05	21.15
Octubre	7.50	5.82	5.53	222.27	219.18	20.36
Noviembre	11.97	9.15	8.69	274.85	269.77	21.09
Diciembre	14.91	11.22	10.67	296.51	291.86	20.74
Promedio	8.28	6.42	6.17			21.24

Fuente: Adaptada de la Tesis *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*.

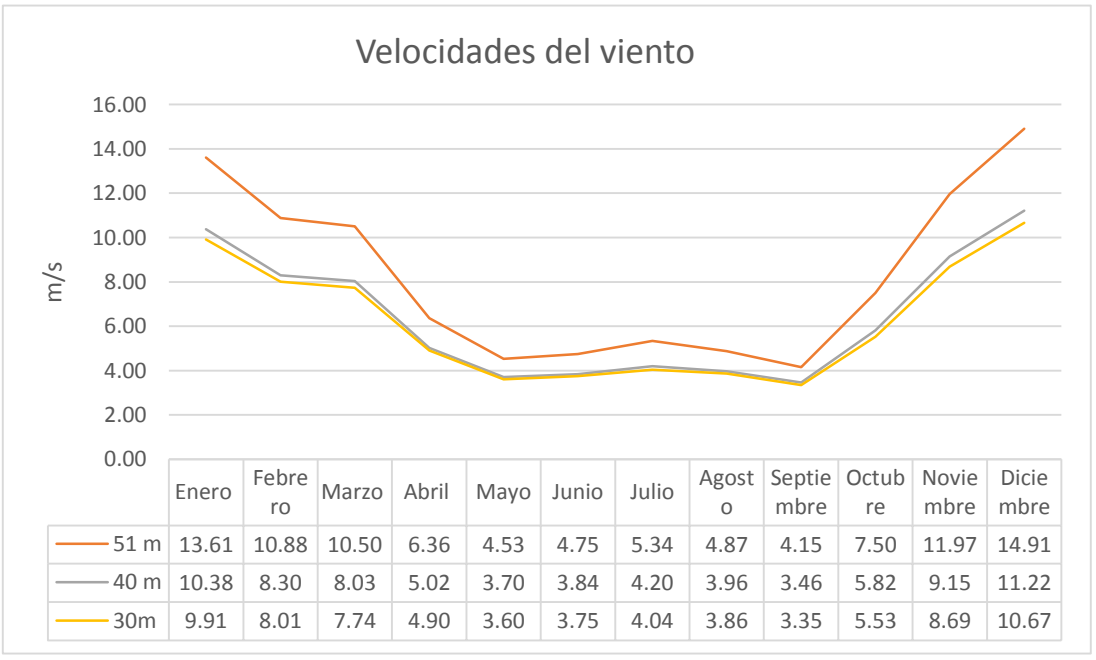
Ilustración 158: Características del viento.



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
51 m	13.61	10.88	10.50	6.36	4.53	4.75	5.34	4.87	4.15	7.50	11.97	14.91
40 m	10.38	8.30	8.03	5.02	3.70	3.84	4.20	3.96	3.46	5.82	9.15	11.22
30m	9.91	8.01	7.74	4.90	3.60	3.75	4.04	3.86	3.35	5.53	8.69	10.67

Fuente: Tesis *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*.

Ilustración 159: Velocidades del viento.



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
51 m	13.61	10.88	10.50	6.36	4.53	4.75	5.34	4.87	4.15	7.50	11.97	14.91
40 m	10.38	8.30	8.03	5.02	3.70	3.84	4.20	3.96	3.46	5.82	9.15	11.22
30m	9.91	8.01	7.74	4.90	3.60	3.75	4.04	3.86	3.35	5.53	8.69	10.67

Fuente: Tesis *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*.

2. Mediciones tomadas en el lugar. Se tomaron dos mediciones en el lugar a las alturas de un metro y 40 m en el mes de agosto a diferentes horas. El día sábado 01 de agosto del 2014 a las 2:30pm y el domingo 02 de agosto a las 10:30am.

El equipo que se utilizó para hacer las mediciones de la velocidad del viento y la temperatura fue un Thermo - Anemometer marca Dwyer serie 471.

Cuadro 100: Características del viento medidas en el lugar.

Sensor	Thermo - Anemometer		Temp. sensor	
Medición	Velocidades del viento (m/s)		Temperatura (ºC)	
Altura (m)	1	40	1	40
1 de agosto	1.65	2.32	27.8	24.93
2 de agosto	0.13	0.30	23.10	21.27

Fuente: Elaboración propia.

3. Generación de energía eólica. Al momento de determinar cuanta energía eólica se puede producir un factor muy importante es la velocidad del viento. Como se puede observar en la ecuación la energía que se produce es proporcional a la velocidad del viento al cubo.

$$P = \frac{1}{2}\rho A U^3$$

Donde:

P= potencia del viento (W).

ρ= densidad del aire.

A= área del rotor.

U= velocidad del viento (m/s).

Si se colocara la velocidad media del viento en la ecuación se darían resultados erróneos, esto es debido que la media de los cubos de la velocidad del viento, por lo general, da un resultado mayor que el cubo de la velocidad media del viento. Por eso se recomienda usar la siguiente ecuación.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} (\rho_j * U_j^3)$$

Donde:

n= es el número de lecturas del viento.

ρ_j = son las lecturas del j-ésimo de la densidad del viento.

U_j = son las lecturas del j-ésimo de la velocidad del viento.

Si se conoce la temperatura y la presión del lugar se puede usar la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{P_r}{RT}$$

Donde:

Pr = presión de aire (Pa).

R= constante de gas específica (287 $Jkg^{-1}K^{-1}$).

T= temperatura del aire en K^0.

Como se cuenta con la medición de la temperatura se puede utilizar presente ecuación.

$$\rho = \frac{P_0}{RT}\exp(-\frac{gz}{RT})$$

Donde:

P0= presión atmosférica estándar a nivel del mar (101,325 Pa).

g= constante gravitacional (9.8 m/s^2).

z= elevación de la región (m).

Si por alguna razón los datos de la presión y la temperatura no están disponible se puede utilizar la ecuación presente, para poder estimar la densidad.

$$\rho = 1.225 - (1.194 * 10^{-4}) * z$$

Usando la ley de distribución de Weibul se determina la velocidad del viento que se tendrán a diferentes alturas conociendo la velocidad de una altura dada.

$$\frac{v´}{v} = (\frac{z´}{z})^{\propto}$$

Donde:

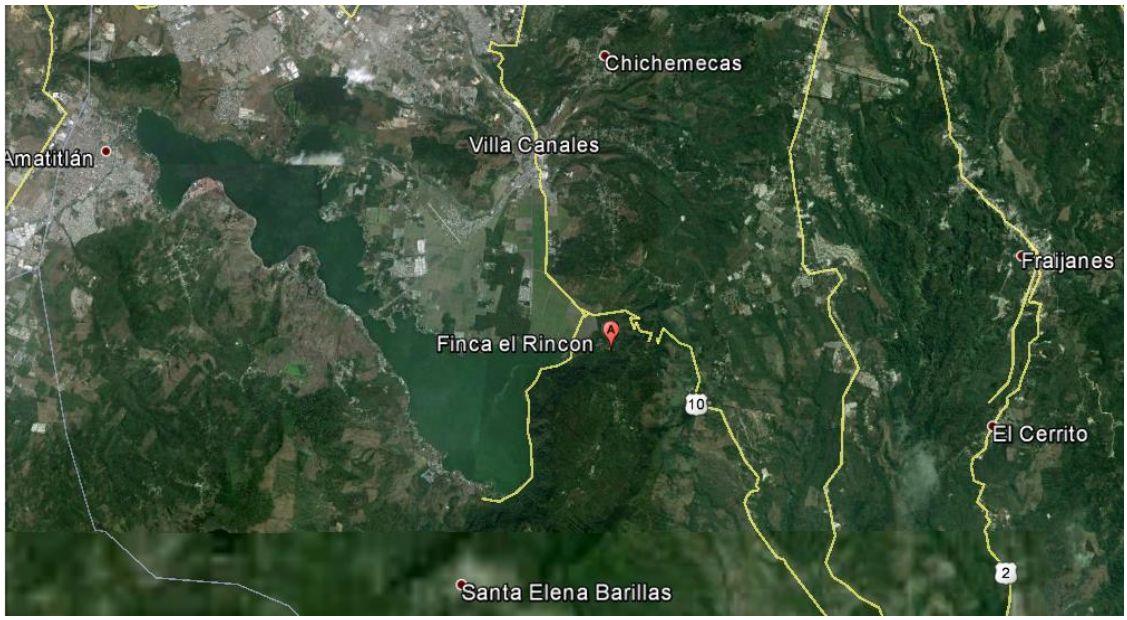
V= velocidad del viento (m/s) a la altura z.

V´= velocidad del viento (m/s) a la altura z´.

α= parámetro relacionado directamente con la rugosidad del terreno. (Para cálculos de vientos a largo plazo se toma 1/7)

4. Localización del parque eólico. Se encuentra dentro de la finca el Rincón donde actualmente se cuenta con una plantación de café.

Ilustración 160: Localización de la finca el Rincón.



Fuente: Google Earth.

5. Calidad del viento. Se observa que la velocidad del viento no sufre cambios bruscos a través de los meses del año. Los meses que se tiene mayor velocidad son: noviembre, diciembre, febrero y marzo.

6. Distancia de interconexión de alta tensión. Se tendrá que buscar que el transporte de la energía sea la menor distancia posible hasta hacer la interconexión, una distancia muy larga elevara los costos de una manera considerable.

7. Orografía. Es la parte de la geografía física que se dedica a la descripción de montañas. Está ubicado cerca de montañas, pero el lugar donde se propone el parque eólico es una extensa área de planicie donde no se tendrá complicaciones excesivas.

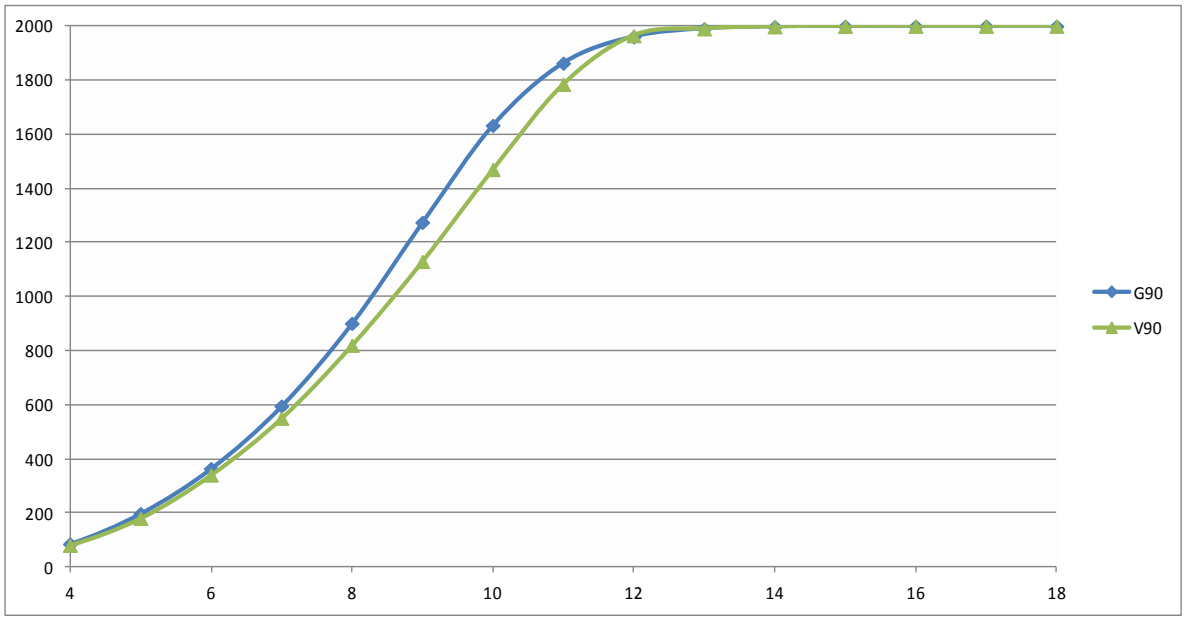
8. Precio de la tierra. Se debe tomar en cuenta si no es mejor darle otro uso a la tierra o seguir dándole el mismo uso que se tiene hasta el momento.

9. Aerogeneradores. Debido a la eficiencia, rentabilidad y por recomendación de España se utilizaron los aerogeneradores:

- GAMESA: Modelo G90-2.0 MW
- VESTAS: Modelo V90-2.0 MW

GAMESA es una empresa Española y VESTAS es una Alemana con 112 años de historia. En esta gráfica se podrá observar en el eje Y la potencia en MW generada a distintas velocidades, las velocidades se encuentran en el eje x medidas en m/s.

Ilustración 161: Comparación entre GAMSA vs VESTA.



Fuente: Juan Manuel Molina.

En esta gráfica se observa que ambos aerogeneradores generan curvas de potencia muy parecidas y que ambas parten de una velocidad de 4 m/s, esto es debido que si hay una velocidad menor a esta el proyecto no es económicamente rentable.

10. Potencial eólico. Se utilizará la ley de Weibul para determinar la energía que se podrá producir con las velocidades de viento que se tiene. Estos cálculos se harán con las velocidades medidas en finca San Antonio. Debido a que son las mediciones más cercanas que se tienen del lugar de interés.

$$\frac{v'}{8.28} = (\frac{100}{51})^{1/7}$$

v = 9.12

En la ley de Weibul se observa que la potencia se define por medio de la presente ecuación:

$$\mathrm{p(v)} = \frac{k}{c}\left(\frac{\mathrm{v}}{\mathrm{c}}\right)^{\mathrm{k-1}} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^{k}}$$

Donde:

v = velocidad el viento (m/s).

p (v) = función densidad de probabilidad de Weibull.

c = factor de escala (m/s), esta valor suele ser aproximado a la velocidad promedio.

k = factor de forma que caracteriza la asimetría o sesgo de la función probabilidad.

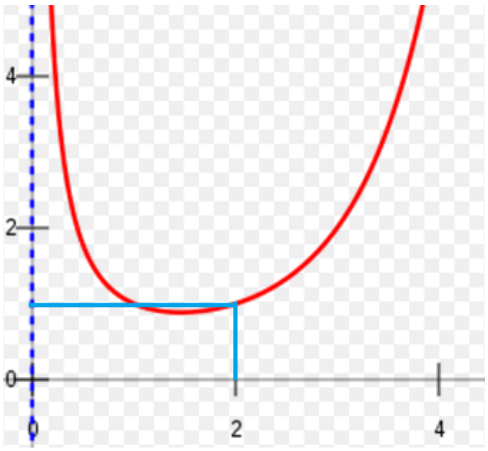
Esta es una ley empírica que totalmente aceptada por los expertos, por lo cual se utiliza para determinar la potencia que podría producir un aerogenerador en la finca de los escamilla. Para poder determinar el factor de escala se usará la ecuación:

$$\frac{v}{c} = 0.886$$

c = 10.29, utilizando valores de k iguales a 2.

Se puede observar que en la función Γ tiene la siguiente forma en función del parámetro k. Es en esta función donde para un k=2, el valor de función Gamma es un ligeramente inferior a uno.

Ilustración 162: Función Γ.



Fuente: Juan Manuel Molina.

k= 2, es un valor estándar para caracterizar el viento medio terrestre.

La ley de Weibull permite calcular la velocidad del viento que tendrá cierta cantidad de horas del año. Usando las 8,760 horas que tiene el año, se va multiplicando por la probabilidad que tiene cada velocidad obteniendo un histograma de velocidades como el que se muestra a continuación.

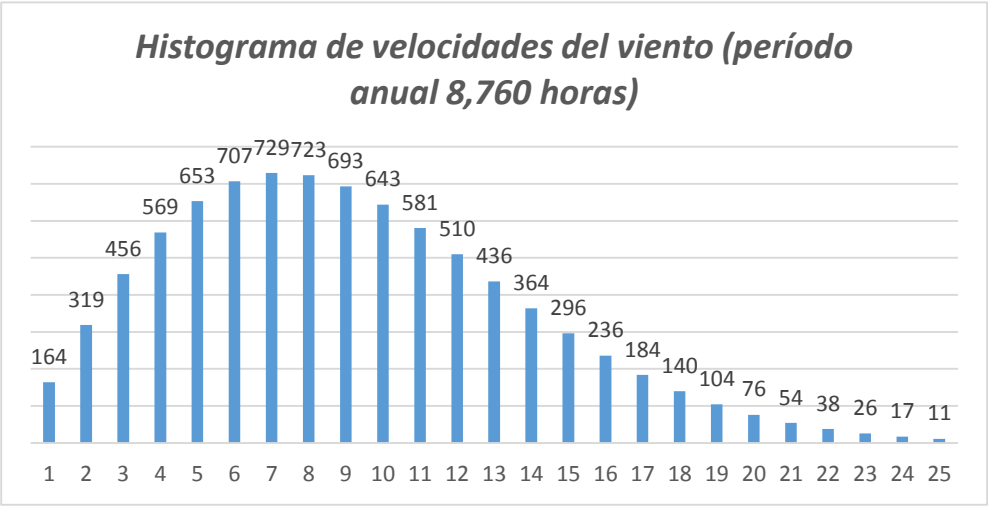
Cuadro 101: Histograma de velocidades.

v (m/s)	p(v)	horas/año
1	0.019	164
2	0.036	319
3	0.052	456
4	0.065	569
5	0.075	653
6	0.081	707
7	0.083	729
8	0.083	723
9	0.079	693
10	0.073	643
11	0.066	581
12	0.058	510
13	0.050	436
14	0.042	364
15	0.034	296
16	0.027	236
17	0.021	184
18	0.016	140
19	0.012	104
20	0.009	76
21	0.006	54
22	0.004	38
23	0.003	26
24	0.002	17
25	0.001	11

Fuente: Elaboración propia.

Visto de una forma gráfica se presenta de la siguiente manera.

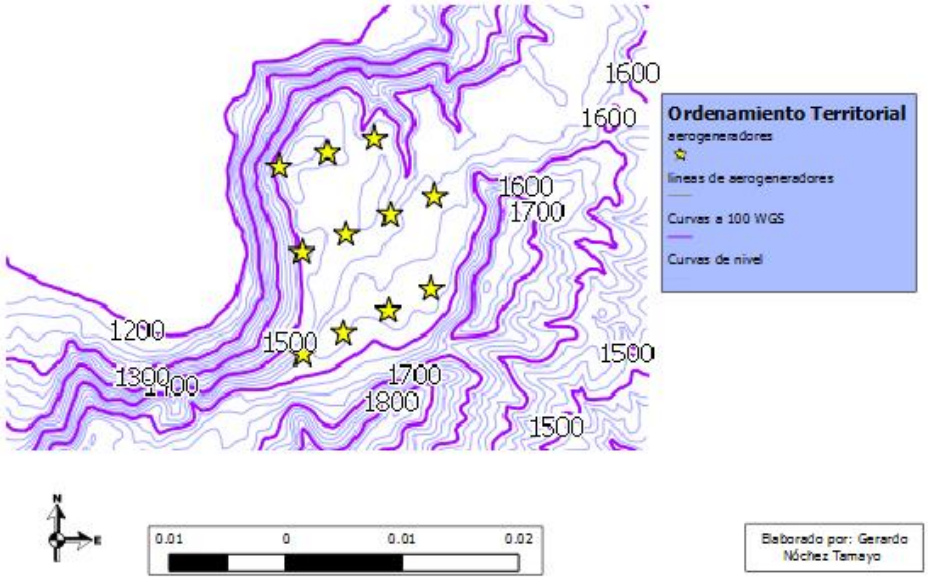
Ilustración 163: Histograma de velocidades del viento (período anual 8,760 horas).



Fuente: Elaboración propia.

En este histograma se observa la cantidad de horas que habrá en las distintas velocidades, donde se observa que habrán más de 600 horas con velocidades entre 4 m/s y 10 m/s. Con estos datos se calcula la producción energética de un aerogenerador, ya que estos vienen con una curva de potencial en función de la velocidad del viento. En el siguiente mapa se observa el lugar en donde se colocarían los aerogeneradores, los cuales solo abarcan una parte de la planicie para cualquier otro uso que deseen los terratenientes.

Ilustración 164: Área eólica.



Fuente: Elaboración propia.

En esta área que se ha designado para la producción de energía eólica se podrán colocar 11 aerogeneradores por la topografía del lugar, los cuales tendrán una torre de 100 metros de altura. Utilizando 11 aerogeneradores en el lugar se calcula la energía que se producirá en el parque eólico utilizando Gamesa G90 y Vestas V90, para determinar cuál de los dos producirá mayor energía en el área. Los aerogeneradores comienzan a generar energía eléctrica a partir de una velocidad de 3m/s lo cual se observa en los cuadros donde se encuentra representado las distintas generaciones eléctricas que se producen en cada rango de velocidad. La suma de la producción en las distintas velocidades será la producción de energía eléctrica total.

Cuadro 102: Energía producida con GAMESA G90 a 100 m.

v (m/s)	Potencial (Kw)	horas/año	Producción (kW)	
1.00	0.00	163.91	0.00	
2.00	0.00	318.66	0.00	
3.00	21.30	455.94	9,711.55	
4.00	84.90	569.03	48,310.81	
5.00	197.30	653.33	128,901.95	
6.00	363.80	706.64	257,074.42	
7.00	594.90	729.16	433,776.77	
8.00	900.80	723.25	651,506.62	
9.00	1,274.40	692.97	883,124.13	
10.00	1,633.00	643.49	1,050,822.83	
11.00	1,863.00	580.50	1,081,472.58	
12.00	1,960.40	509.63	999,078.00	
13.00	1,990.40	435.99	867,795.68	
14.00	1,997.90	363.85	726,930.15	
15.00	1,999.60	296.44	592,760.49	
16.00	1,999.90	235.95	471,871.67	
17.00	2,000.00	183.57	367,131.94	
18.00	2,000.00	139.66	279,312.38	
19.00	2,000.00	103.94	207,879.92	
20.00	2,000.00	75.70	151,400.40	
21.00	2,000.00	53.97	107,932.25	
22.00	2,000.00	37.67	75,333.19	
23.00	2,000.00	25.74	51,489.66	
24.00	2,000.00	17.23	34,469.01	
25.00	2,000.00	11.30	22,603.71	
G90			9,500,690.10	kw/h
11 aerogeneradores			104,507,591.10	kw/h
Factor de carga=			0.54	
c=			10.29	
k=			2	

Fuente: Elaboración propia.

$$Factor\ de\ carga = \frac{Pa}{Pm}$$

Donde:

Pa= Producción anual de energía eléctrica

Pm= Producción máxima de energía del aerogenerador.

Se producirá en total 104,507 MWh con el aerogenerador de GAMESA G90. El factor de carga proviene de la producción anual de energía dividida por la producción teórica máxima, si el aerogenerador está funcionando a su potencia nominal durante todo el año sin parar. Con un factor de carga de 0.54 nos indica que este aerogenerador producirá la misma energía que estaría produciendo durante el año si este trabajará al 100% de su eficiencia durante solo un periodo del 54% del año. Para este cálculo se consideró el 100% como los 2MW nominales.

Cuadro 103: Energía producida con VESTAS V90 a 100m.

v(m/s)	Potencial (Kw)	horas/año	Producción (kW)	
1.00	0.00	163.91	0.00	
2.00	0.00	318.66	0.00	
3.00	21.30	455.94	9,711.55	
4.00	80.00	569.03	45,522.56	
5.00	180.00	653.33	117,599.34	
6.00	340.00	706.64	240,256.47	
7.00	550.00	729.16	401,037.53	
8.00	820.00	723.25	593,067.75	
9.00	1,130.00	692.97	783,058.91	
10.00	1,470.00	643.49	945,933.59	
11.00	1,785.00	580.50	1,036,193.54	
12.00	1,965.00	509.63	1,001,422.30	
13.00	1,990.40	435.99	867,795.68	
14.00	1,997.90	363.85	726,930.15	
15.00	1,999.60	296.44	592,760.49	
16.00	1,999.90	235.95	471,871.67	
17.00	2,000.00	183.57	367,131.94	
18.00	2,000.00	139.66	279,312.38	
19.00	2,000.00	103.94	207,879.92	
20.00	2,000.00	75.70	151,400.40	
21.00	2,000.00	53.97	107,932.25	
22.00	2,000.00	37.67	75,333.19	
23.00	2,000.00	25.74	51,489.66	
24.00	2,000.00	17.23	34,469.01	
25.00	2,000.00	11.30	22,603.71	
V90			9,130,713.96	kw/h
11 aerogeneradores			100,437,853.60	kw/h
Factor de carga=			0.52	
c=			10.29	
k=			2	

Fuente: Elaboración propia.

Se producirá en total 100,437 MWh con el aerogenerador de VESTAS V90. Con un factor de carga de 0.52 nos indica que este aerogenerador producirá la misma energía que estaría produciendo durante el año si este trabajará al 100% de su eficiencia durante solo un periodo del 52% del año. Para este cálculo se consideró el 100% como los 2MW nominales. Si en lugar de poner los aerogeneradores a una altura de 100m se colocan a una altura de 50 m se tendrían los siguientes resultados.

Cuadro 104: Energía producida con GAMESA G90 a 50m.

v (m/s)	Potencial (Kw)	horas/año	Producción (kW)	
1.00	0.00	199.39	0.00	
2.00	0.00	385.25	0.00	
3.00	21.30	545.55	11,620.17	
4.00	84.90	671.08	56,974.44	
5.00	197.30	756.28	149,214.30	
6.00	363.80	799.59	290,889.81	
7.00	594.90	803.18	477,813.02	
8.00	900.80	772.34	695,722.37	
9.00	1,274.40	714.43	910,474.37	
10.00	1,633.00	637.85	1,041,616.14	
11.00	1,863.00	550.96	1,026,430.00	
12.00	1,960.40	461.22	904,174.46	
13.00	1,990.40	374.69	745,783.42	
14.00	1,997.90	295.71	590,790.80	
15.00	1,999.60	226.90	453,700.73	
16.00	1,999.90	169.38	338,740.19	
17.00	2,000.00	123.08	246,161.97	
18.00	2,000.00	87.10	174,200.08	
19.00	2,000.00	60.05	120,097.36	
20.00	2,000.00	40.34	80,688.96	
21.00	2,000.00	26.42	52,845.48	
22.00	2,000.00	16.87	33,745.50	
23.00	2,000.00	10.51	21,014.83	
24.00	2,000.00	6.38	12,764.81	
25.00	2,000.00	3.78	7,563.95	
G90			8,443,027.18	kw/h
11 aerogeneradores			92,873,299.01	kw/h
Factor de carga=			0.48	
c=			9.32	
k=			2	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 105: Energía producida con VESTAS V90 a 50m.

v (m/s)	Potencial (Kw)	horas/año	Producción (kW)	
1.00	0.00	199.39	0.00	
2.00	0.00	385.25	0.00	
3.00	21.30	545.55	11,620.17	
4.00	80.00	671.08	53,686.16	
5.00	180.00	756.28	136,130.64	
6.00	340.00	799.59	271,859.63	
7.00	550.00	803.18	441,750.15	
8.00	820.00	772.34	633,317.43	
9.00	1,130.00	714.43	807,310.13	
10.00	1,470.00	637.85	937,645.88	
11.00	1,785.00	550.96	983,455.47	
12.00	1,965.00	461.22	906,296.07	
13.00	1,990.40	374.69	745,783.42	
14.00	1,997.90	295.71	590,790.80	
15.00	1,999.60	226.90	453,700.73	
16.00	1,999.90	169.38	338,740.19	
17.00	2,000.00	123.08	246,161.97	
18.00	2,000.00	87.10	174,200.08	
19.00	2,000.00	60.05	120,097.36	
20.00	2,000.00	40.34	80,688.96	
21.00	2,000.00	26.42	52,845.48	
22.00	2,000.00	16.87	33,745.50	
23.00	2,000.00	10.51	21,014.83	
24.00	2,000.00	6.38	12,764.81	
25.00	2,000.00	3.78	7,563.95	
V90			8,061,169.84	kw/h
11 aerogeneradores			88,672,868.29	kw/h
Factor de carga=			0.46	
c=			9.32	
k=			2	

Fuente: Elaboración propia.

T. Proyecciones de demanda en consumo energético por alumbrado público, del “Condado Santa Elena”, ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala.

Debido a que el “Condado Santa Elena” está ubicado en de Santa Elena Barillas, Villa Canales municipio de Guatemala, se recolectaron datos en el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE) sobre de dicho municipio y también valores obtenidos en municipalidad de Villa Canales, Guatemala, para

cumplir con el objetivo de calcular la proyección de demanda energía por alumbrado público del "Condado Santa Elena".

Por tanto, todos los datos recopilados de Santa Elena Barillas y del municipio de Villa Canales, Guatemala, son aplicados para el "Condado Santa Elena", debido a que es el lugar donde se encuentra ubicado y se asume que los datos de crecimiento poblacional afectan directamente a dicho condado.

1. Metodología.

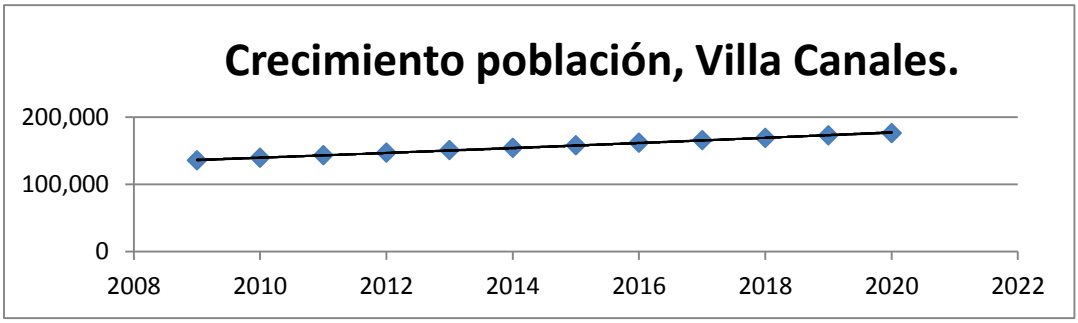
   a. Proyección de crecimiento poblacional del municipio de Villa Canales (año 2009 al año 2020):

Cuadro 106: Proyección crecimiento poblacional municipio de Villa Canales.

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Número de población	135,618	139,449	143,258	147,050	150,823	154,577
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Número de población	158,309	162,017	165,698	169,349	172,970	176,559

Fuente: Instituto Nacional De Estadística (INE).

Ilustración 165: Proyección crecimiento poblacional municipio de Villa Canales.



Fuente: Instituto Nacional De Estadística (INE).

   b. Cálculo de tasa de crecimiento observado de la población de Villa Canales. Con base al crecimiento poblacional del municipio de Villa Canales, calculado y publicado por Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, se calculó por medio del método geométrico estadístico, la tasa de crecimiento poblacional para el municipio; esto con el fin de poder proyectar de acuerdo a esta tasa de crecimiento, la demanda a corto y largo plazo de consumo energético por alumbrado público, ya que el Instituto Nacional de Estadística realizó el último censo oficial en el año 2002 y en la municipalidad de Villa Canales no lleva un registro estadístico que muestre el crecimiento de alumbrado público por año de sus aldeas.

Se asumió que la demanda de energía del "Condado Santa Elena" está relacionada con la tasa de crecimiento de la población del municipio de Villa Canales, ya que el condado se encuentra ubicado en el municipio ya mencionado.

En donde:

$$N_0 = \text{Población inicial del período} = 135618.$$

$$N_t = \text{Población final del período} = 175559.$$

$$t = \text{tiempo entre } N_0 \text{ y } N_t \text{ en años} = 11 \text{ años.}$$

Donde "r" es la tasa de crecimiento observado:

$$r = (\frac{N_t}{N_0})^{1/t} - 1$$

$$r = (\frac{175559}{135618})^{1/11} - 1 = 0.02374$$

$$r = 2.374\ \%$$

Con la tasa de crecimiento observada se elaboró las proyecciones correspondientes, despejando la fórmula de la siguiente forma:

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

c. Número de lámparas instaladas actualmente en el "Condado Santa Elena" ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales. A continuación se muestra la cantidad de lámparas de alumbrado público en operación, registradas en el inventario de la municipalidad de Villa Canales, del "Condado Santa Elena" ubicado en Santa Elena Barillas, para realizar el cálculo actual de consumo energético por alumbrado público.

Donde:

- VS: son lámparas de vapor de sodio.
- VM: son lámparas de vapor de mercurio.
- LED: son lámparas ahorradoras de última tecnología.
- O: son lámparas ornamentales de bajo consumo.

Cuadro 107: Lámparas en inventario de municipalidad de Villa Canales.

Tipo de lámpara							
Tipo de lámpara	VS	VM	LED	LED	LED	O	total
Watts	100	75	80	105	55	25	440
Número de lámparas (año 2014)	380	20	12	4	10	4	430

Fuente: Municipalidad de Villa Canales, Guatemala.

d. Proyección demanda energética por alumbrado público, del "Condado Santa Elena", ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala. Se calculó la energía promedio que consume el alumbrado público por mes del "Condado Santa Elena" según como es calculado por Energuate, empresa que brinda a la municipalidad el servicio de recaudo de la cuota establecida para cubrir el costo del servicio de energía, mantenimiento y expansión del alumbrado público. Este recaudo se respalda en las resoluciones CNEE-21-2009, CNEE-22-2009, CNEE-23-2009 y CNEE-24-2009, emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), entidad reguladora del sector eléctrico en Guatemala.

Ejemplo de cálculo para cada tipo de lámpara:

$$\text{KWh promedio mes} = \frac{380 \text{ lámparas} \times 12 \text{ h} \times 100 \text{ Watts} \times 30.4 \text{ dias}}{1000} = \frac{13{,}862.4 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

$$\text{Pérdida} = 13{,}862.4 \text{ KWh} \times 0.193 = \frac{2{,}675.44 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

$$\text{KWh por mes, promedio} = 13{,}862.4 \text{ KWh} + 2{,}675.44 \text{ KWh} = \frac{16{,}537.84 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

$$\text{KWh anual, promedio} = 16{,}537.84 \text{ KWh} \times 12 = \frac{198{,}454.12 \text{ KWh}}{\text{anual}}$$

Por consiguiente el consumo anual es:

Cuadro 108: Consumo anual total en KWh, del sistema actual en operación.

Tipo de lámparas	Cantidad de lámparas	Consumo (Watts)	Consumo mensual sin pérdidas (KWh)	Consumo mensual con pérdidas (KWh)	Consumo anual total (KWh)
VS	380	100	13,862.40	16,537.84	198,454.12
VM	20	75	547.2	652.81	7,833.72
LED	12	80	350.21	417.8	5,013.58
LED	4	105	153.22	182.79	2,193.44
LED	10	55	200.64	239.36	2,872.36
O	4	25	36.48	43.52	522.25
			Total	18,074.12	216,889.46

Fuente: Inventario municipalidad de Villa Canales, Guatemala. Año 2014. Cuadro elaboración propia.

2. Resultados.

a. Proyección demanda a corto y largo plazo de energía consumida por alumbrado público para el "Condado Santa Elena", ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, año 2014 al 2035:

- A un corto plazo de 10 años a la tasa de crecimiento observada, el consumo de energía por alumbrado público aumentará su consumo de 2.6 Mwh / anual (año 2014) a 3.29 Mwh/ anual (año 2024).

- A un largo plazo de 21 años a la tasa de crecimiento observada, el consumo de energía por alumbrado público aumentará su consumo de 2.6 Mwh / anual (año 2014) a 4.26 Mwh/ anual (año 2035).

Cuadro 109. Demanda de energía año del 2014 al año 2035 de "Condado Santa Elena".

Año	Energía promedio mensual (KWh)	Energía promedio anual (KWh)	Energía promedio anual (MWh)
2014	216,889	2,602,674	2.6
2015	222,038	2,664,461	2.66
2016	227,310	2,727,715	2.73
2017	232,706	2,792,471	2.79
2018	238,230	2,858,765	2.86
2019	243,886	2,926,632	2.93
2020	249,676	2,996,110	3
2021	255,603	3,067,237	3.07
2022	261,671	3,140,054	3.14
2023	267,883	3,214,599	3.21
2024	274,243	3,290,913	3.29
2025	280,753	3,369,039	3.37
2026	287,418	3,449,020	3.45
2027	294,242	3,530,900	3.53
2028	301,227	3,614,724	3.61
2029	308,378	3,700,537	3.7
2030	315,699	3,788,388	3.79
2031	323,194	3,878,324	3.88
2032	330,866	3,970,396	3.97
2033	338,721	4,064,653	4.06
2034	346,762	4,161,148	4.16
2035	354,994	4,259,933	4.26

Fuente: Inventario municipalidad de Villa Canales, Guatemala. Año 2014. Cuadro elaboración propia.

Ilustración 166. Fotografía de alumbrado público de “Condado Santa Elena”.



Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis de resultados. Es importante mencionar que se asumió que la tasa de crecimiento observada en la proyección de demanda a corto y largo plazo de energía por alumbrado público, para el “Condado Santa Elena”, ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, Guatemala, posee la misma razón de cambio publicada y calculada por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE), para los años 2009 al 2020. Se asumió que esta demanda es proporcional al crecimiento de la población del municipio de Villa Canales, ya que no se posee un valor exacto registrado por año, en consumo energético del área de estudio.

Se utilizó el dato de 430 lámparas ubicadas en Santa Elena Barillas, registradas en el inventario de la municipalidad de Villa Canales y datos registrados del último censo oficial del año 2002 publicado por el INE, con el fin de obtener el análisis estadístico. Sin embargo, esto no garantiza poco porcentaje de error, aunque para fines prácticos del estudio, sí revela el crecimiento de consumo energético, asumiendo que se comporta a la tasa de crecimiento obtenida.

U. Propuesta de instalación y operación de sistema de alumbrado público con lámparas LED de 30 watts y alimentación solar a la red eléctrica, para el “Condado Santa Elena”

1. Metodología.

a. Consideraciones legislativas.

La responsable de ampliar, dar mantenimiento e introducir el servicio de alumbrado público (SAP) es la municipalidad según el código Municipal en Decreto 12-2002 y sus reformas: Artículos 68, 72, 73 y 74.

Para este servicio, la responsabilidad incluye:

- Incremento de número de lámparas en localidades o áreas que requieran la demanda de alumbrado público.
- Mantenimiento que incluye la sustitución de focos, fotoceldas, traslado de lámparas, *etc*.
- Delimitar que comunidades son beneficiadas y a las cuales se les aplicará el cargo por servicio de alumbrado público.

Energuate es la empresa que brinda a la municipalidad el servicio de recaudo de la cuota establecida para cubrir el costo del servicio de energía, mantenimiento y expansión del alumbrado público. Esta función se respalda en las resoluciones CNEE-21-2009, CNEE-22-2009, CNEE-23-2009 y CNEE-24-2009, emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), institución reguladora del sector eléctrico en Guatemala.

De lo que se recauda, si todos los clientes cumplen con su obligación de pago puntual de sus facturas, se genera un excedente conocido como porcentaje de expansión y mantenimiento. El dinero recaudado es destinado, a la compra de materiales o pago de servicios para garantizar el mantenimiento de las lámparas y para instalar nuevas lámparas en donde es requerido.

b. Consideraciones económicas del alumbrado público. Es importante tener en cuenta que la municipalidad tiene la responsabilidad de tener el presupuesto disponible para la instalación de lámparas con sus postes correspondientes, según el código Municipal en Decreto 12-2002 y sus reformas: Artículos 68, 72, 73 y 74, en el caso que se pretenda una expansión del servicio de alumbrado público.

Por tanto, cualquier excedente económico que sobrepase el presupuesto tomando como referencia el precio de las lámparas de vapor de sodio de 100 Watts y todo el equipo que estas utilicen, será considerado en el análisis financiero, ya que no está dentro del presupuesto y por tanto se considera una inversión extra.

Los postes y la acometida eléctrica del servicio de alumbrado público convencional no se consideran en el análisis financiero, solamente el excedente que represente la implementación de lámparas más eficientes, así como el sistema de alimentación solar o cualquier otro accesorio.

2. Propuesta de nueva instalación de 30 lámparas LED (ahorradoras) en el "Condado Santa Elena" ubicado en Santa Elena Barillas, Villa Canales, para cubrir 450 metros lineales de iluminación.

- Se propone que para el desarrollo del "Condado Santa Elena", se instalen 30 lámparas LED de 30 Watts de consumo, para el desarrollo urbanístico del área y de esta manera se puedan cubrir 450 metros lineales de iluminación, como primera fase del proyecto.

- En dicha propuesta sería directamente responsable la municipalidad de Villa Canales, ya que el "Condado Santa Elena", se encuentra ubicado en Santa Elena Barillas, jurisdicción de dicha municipalidad.

3. Propuesta de operación de lámparas 30 LED para alumbrado público. Debido a que en este proyecto se propone un sistema eficiente de alumbrado, se calcularon las horas de operación de las lámparas en base a las horas de puesta y salida del sol del último día de cada mes, datos publicados por el INSIVUMEH, en el año 2011, aplicable a todo el territorio de Guatemala.

Un cálculo diferente al que propone Energuate, ya que estas lámparas de iluminación poseen fotoceldas que encienden o apagan el sistema dependiendo de la intensidad luminosa del día. Por lo que se calculó el consumo energético durante todo un año. Además, se considera 19.3% de pérdidas por KWh/mes, tomando como referencia el informe técnico *Alumbrado público de Guatemala, alternativas para el ahorro y la eficiencia energética, departamento de eficiencia energética, división de proyectos estratégicos, Comisión Nacional de Energía Eléctrica*" emitido en el año 2013. Valor de pérdida promedio aplicado por la compañía EEGSA.

$$\text{KWh promedio mes} = \frac{30 \text{ lámparas} \times 11.5 \text{ h} \times 30 \text{ Watts} \times 30.4}{1000} = \frac{314.64 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

$$\text{Pérdida} = 314.64 \text{ KWh} \times 0.193 = \frac{60.72 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

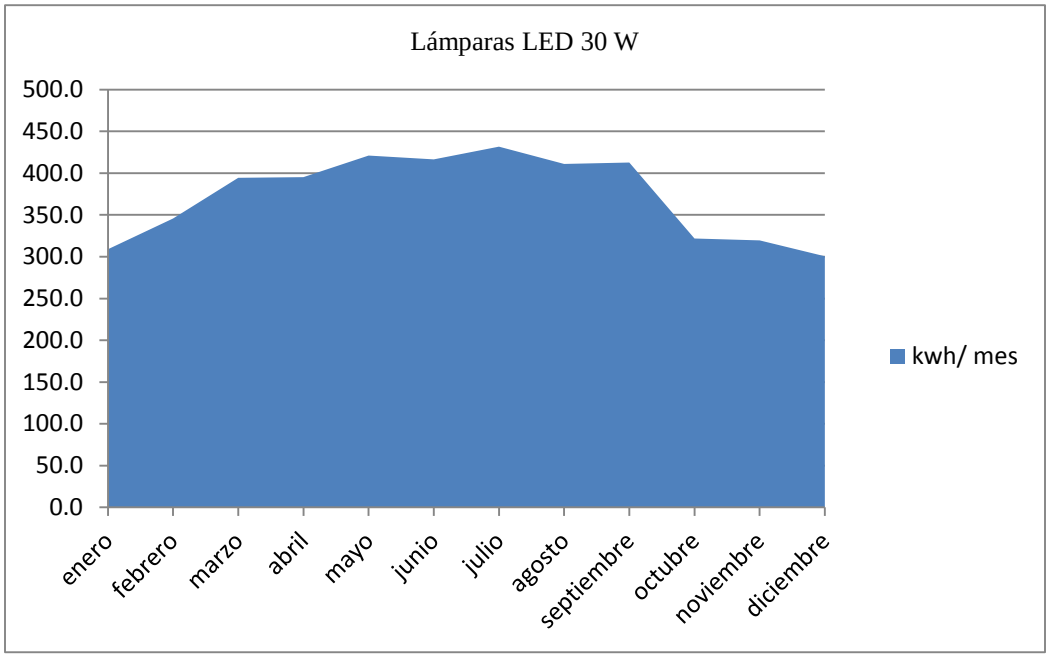
$$\text{KWh total promedio} = 314.64 \text{ KWh} + 60.72 \text{ KWh} = \frac{375.36 \text{ KWh}}{\text{mes}}$$

Cuadro 110: Consumo mensual del sistema de 30 lámparas LED con horas de operación promedio.

Mes	días / mes	Salida del sol promedio	Puesta del sol promedio	Horas de operación	Consumo	Pérdidas KWh/ mes	Consumo KWh/mes
enero	31	6.45	15.73	9.28	258.9	50	308.9
febrero	28	6.5	18	11.5	289.8	55.9	345.7
marzo	31	6.31	18.16	11.85	330.6	63.8	394.4
abril	30	5.96	18.23	12.27	331.3	63.9	395.2
mayo	31	5.66	18.31	12.65	352.9	68.1	421.1
junio	30	5.53	18.46	12.93	349.1	67.4	416.5
julio	31	5.61	18.58	12.97	361.9	69.8	431.7
agosto	30	5.75	18.51	12.76	344.5	66.5	411
septiembre	31	5.83	18.23	12.4	346	66.8	412.7
octubre	30	5.86	15.85	9.99	269.7	52.1	321.8
noviembre	31	5.96	15.56	9.6	267.8	51.7	319.5
diciembre	30	6.18	15.51	9.33	251.9	48.6	300.5
			promedio(h)	11.5	Consumo	KWh/año	4479.1

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 167: Curva de consumo mensual del sistema de 30 lámparas LED para alumbrado público.



Fuente: Elaboración propia.

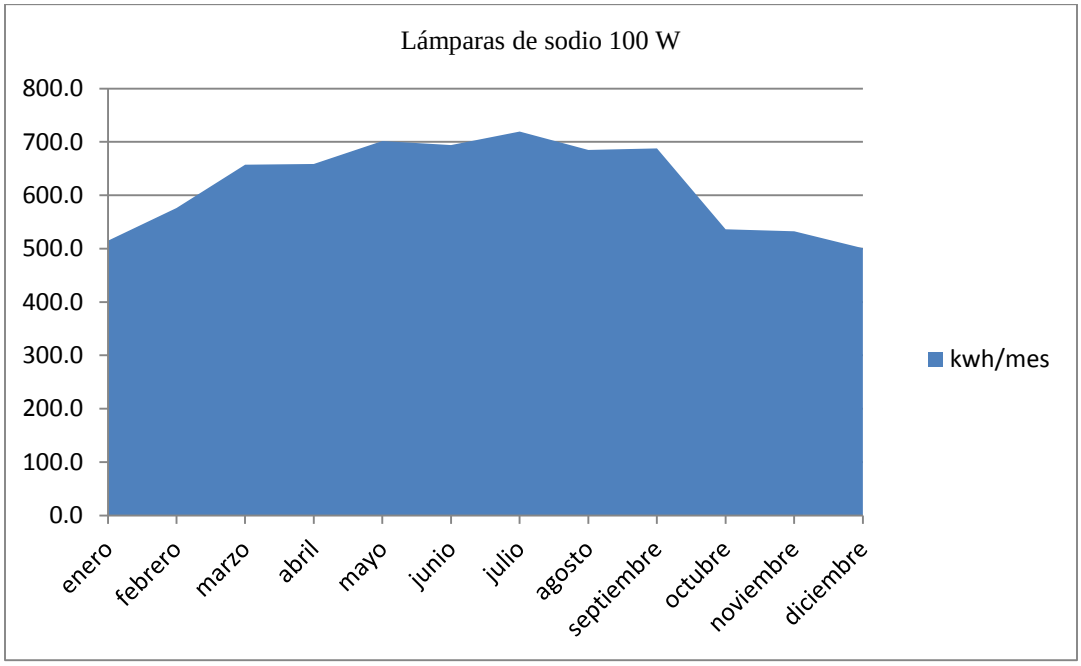
4. Comparación de operación con 15 lámparas de vapor de sodio de 100 Wattts para 450 metros lineales de iluminación.

Cuadro 111: Consumo de lámparas de vapor de sodio de 100 watts.

Mes	días / mes	Salida del sol promedio	Puesta del sol promedio	Horas de operación	Consumo	Pérdidas KWh/ mes	Consumo KWh/mes
enero	31	6.45	15.73	9.28	431.5	83.3	514.8
febrero	28	6.5	18	11.5	483	93.2	576.2
marzo	31	6.31	18.16	11.85	551	106.3	657.4
abril	30	5.96	18.23	12.27	552.2	106.6	658.7
mayo	31	5.66	18.31	12.65	588.2	113.5	701.8
junio	30	5.53	18.46	12.93	581.9	112.3	694.1
julio	31	5.61	18.58	12.97	603.1	116.4	719.5
agosto	30	5.75	18.51	12.76	574.2	110.8	685
septiembre	31	5.83	18.23	12.4	576.6	111.3	687.9
octubre	30	5.86	15.85	9.99	449.6	86.8	536.3
noviembre	31	5.96	15.56	9.6	446.4	86.2	532.6
diciembre	30	6.18	15.51	9.33	419.9	81	500.9
			promedio(h)	11.5	consumo	KWh/año	7465.2

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 168: Consumo anual KWh de lámparas de vapor de sodio de 100 watts.



Fuente: Elaboración propia.

Este cálculo muestra el ahorro anual de energía, al implementar el sistema de 30 lámparas LED de 30 Watts, comparado con un sistema de 15 lámparas de vapor de sodio de 100 Watts.

$$\text{Ahorro energía anual LED} = \text{consumo KWh anual vapor de sodio} - \text{consumo KWh anual LED}$$

$$= 7{,}465.2 - 4479.1 = 2986.1 \ \frac{\text{KWh}}{\text{anual}}$$

5. Propuesta de inyección de energía eléctrica a la red por medio de paneles solares.

Para obtener una reducción en el consumo energético en alumbrado público, se propone inyectar energía a la red eléctrica con paneles solares que poseen características técnicas adecuadas y un precio accesible.

Por tanto, se cotizaron en el presente trabajo los equipos necesarios, para verificar si con el ahorro energético del sistema de módulos solares, se recupera la inversión de los mismos, así como también cualquier excedente que se presente en relación a un sistema convencional de alumbrado público.

a. Constitución del sistema total de alumbrado público con alimentación solar.

1) Equipo.

- 30 lámparas tipo LED para alumbrado público.
- 30 Watts de consumo por lámpara.
- Paneles solares.

- Cableado.
- Postes y acometida eléctrica.
- Inversor de corriente o micro-inversores.
- Contador bidireccional.

2) Operación.

- 11.5 horas de operación promedio.
- 30.4 días promedio por mes en el año.
- Se considera 19.3% de pérdidas por KWh/mes, tomando como referencia el informe técnico *Alumbrado público de Guatemala, alternativas para el ahorro y la eficiencia energética, departamento de eficiencia energética, división de proyectos estratégicos, Comisión Nacional de Energía Eléctrica*, emitido en el año 2013. Valor de pérdida promedio aplicado por la compañía EEGSA.

6. Comparación entre sistema convencional y sistema propuesto para "Condado Santa Elena". Este cuadro de comparación muestra la diferencia entre dos lámparas con distinta tecnología, según datos proporcionados por los fabricantes.

Cuadro 112: Comparación de lámparas con distinta tecnología.

Cuadro comparativa de lámparas		
Tipo de lámpara	Vapor de sodio	LED
Consumo (Watts)	100	30
Temperatura de iluminación (K)	2000	6500
Eficacia lumínica nominal a 25 C (Lm/W)	80	93.33
Tiempo de vida (horas)	25,000	25,000
Voltaje de operación (voltios)	85/220	85/221
Flujo luminoso a 25 grados Celsius (lúmenes)	9000	2800

Fuente: Fabricantes: Philips 2014, luxilite.

Para lámparas tipo LED de 30 Watts de consumo, el fabricante recomienda 15 metros de distancia inter-postal, lo que da el equivalente de 30 postes, para 450 metros de iluminación.

$$\frac{450 \text{ metros}}{15 \text{ metros}} \cong 30 \text{ postes con lámparas LED.}$$

Para lámparas de vapor de sodio de 100 Watts el fabricante recomienda distancia inter-postal de 30 metros, lo que da un total de 15 postes, para 450 metros lineales de iluminación.

$$\frac{450 \text{ metros}}{30 \text{ metros}} \cong 15 \text{ postes con lámparas de vapor de sodio.}$$

V. Resultados: selección de componentes.

1. Selección, pre-diseño y cotización de componentes eléctricos y electrónicos más eficientes del mercado comercial, para generación de energía por alimentación solar. Para la implementación de este proyecto se propone la utilización de paneles solares disponibles actualmente en el mercado guatemalteco. Esto con el fin de facilitar la adquisición, instalación y contar con la asesoría adecuada. Estos módulos se tomaron en cuenta debido a que existe amplia información de los mismos y además presentan precios competitivos en el comercio local actual. Además, que presentan características técnicas adecuadas para la carga eléctrica calculada en el diseño que se presenta posteriormente. Se consideraron módulos que son importados por dos empresas altamente competitivas en trayectoria de proyectos ya implementados, esto con el fin de garantizar un diseño eficiente y funcional. Los precios ya incluyen el IVA y se consideró una tasa de cambio de Q 7.80 por dólar, valor publicado por el Banco de Guatemala el 1 de agosto del 2014.

a. Empresa A.

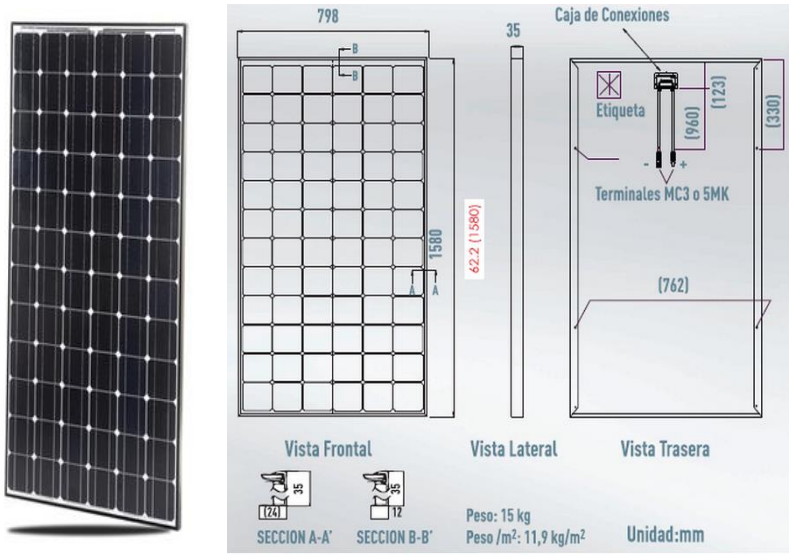
1) Módulos del tipo HIT (película de silicio amorfo y cuerpo de silicio mono cristalino de última generación) de 240 Watts.

Cuadro 113: Características técnicas módulos HIT 240 watts.

Características eléctricas	Silicio amorfo y silicio mono-cristalino
Modelo	VBHN240SE10 Panel solar HIT 240W
Potencia máxima (Pmax) [W]	240
Eficiencia de conversión (%)	19
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	43.7
Corriente para máxima potencia (lmp) [A]	5.51
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	52.4
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	5.85
Protección contra sobre corriente máx. [A]	15
Tolerancia de potencia a la salida [%]	+10/-5 *
Voltaje máximo del sistema [V]	1000
Nota:	Condición estándar: masa del aire= 1.5, irradiación=1000W/m², temperatura del panel=25°C
Temperatura (NOCT) [°C] Temperatura nominal de operación de célula	44
Coeficiente de temp. de Pmax [%/°C)]	-0.29
Coeficiente de temp. de Voc [V/°C]	-0.131
Coeficiente de temp. de Isc [mA/°C]]	1.75
Vida	25 años
Garantía por desperfectos de fabrica	10 años
Pérdida de potencia anual	0.7% anual
Dimensiones(metros)	0.798x1.58

Fuente: Panasonic. Año 2014. Elaboración propia.

Ilustración 169: Dimensiones de módulos HIT 240 watts.



Fuente: Panasonic.

a) KWh por mes generado por un panel HIT 240 en "Condado Santa Elena", Villa Canales a 15 grados de inclinación. En donde las horas efectivas se calculan en base a las condiciones estándar proporcionadas por el fabricante:

- Masa del aire= 1.5
- Irradiación=1000W/m²= 1.00 KW/m²
- Temperatura del panel=25°C

Se divide la irradiación promedio de cada mes dentro de 1.00 KW/m² que es la irradiación en condiciones estándar.

$$\text{Horas efectivas} = \frac{5.519 \frac{\text{KW h}}{\text{m}^2}}{1.00 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}} = 5.519 \text{ horas}$$

$$\frac{\text{KWh}}{\text{mes}} = 5.519 \text{ horas efectivas} \times 31 \text{ días} \times 0.240 \text{ kw} = 41.06 \frac{\text{KWh}}{\text{mes}}$$

Cuadro 114: Consumo anual de paneles HIT 240 watts.

	HIT 240 W			
Mes	Irradiación promedio (KWh/m^2 por mes)	he (horas efectiva)	Días promedio por mes.	KWh por mes
enero	5.519	5.519	31	41.06
febrero	6.032	6.032	28	40.54
marzo	5.424	5.424	31	40.35
abril	6.494	6.494	30	46.76
mayo	5.659	5.659	31	42.1
junio	4.161	4.161	30	29.96
julio	4.303	4.303	31	32.01
agosto	4.935	4.935	30	35.53
septiembre	5.144	5.144	31	38.27
octubre	4.439	4.439	30	31.96
noviembre	5.47	5.47	31	40.7
diciembre	5.299	5.299	30	38.15
			KWh / año	457.4

Fuente: Elaboración propia.

b) Dimensionamiento del sistema en base a carga anual de lámparas LED calculada con paneles HIT 240W:

$$Número\ de\ Paneles = \frac{4479.1}{457.40} = \ 9.79 \ \approx 10\ paneles$$

$$\text{Energía anual} = 457.4 \times 10 = \ 4574 \frac{\text{KWh}}{año}$$

c) Costos del sistema total:

Cuadro 115: Costos de sistema fotovoltaico.

Descripción	Precio
10 paneles HIT 240W	Q38,353.36
Inversor marca SMA modelo sunny boy 2500	Q18,635.35
Estructura de aluminio anodizado	Q5,310.75
Materiales eléctricos, cableado y accesorios	Q4,248.60
Contador bidireccional y mano de obra	Q4,673.49
Total	Q71,221.54

Fuente: Empresa A.

d) Ventajas:

- Disponibilidad inmediata en mercado guatemalteco.
- La baja de rendimiento en altas temperaturas de un panel HIT es muy inferior a la de un panel convencional.
- No contaminan.
- No generan ruido.
- Menor pérdida por absorción óptica.
- Reducción de luz reflejada.
- Módulo compacto en relación a otros módulos con la misma o similar potencia pico.

e) Desventajas:

- Su alto costo.

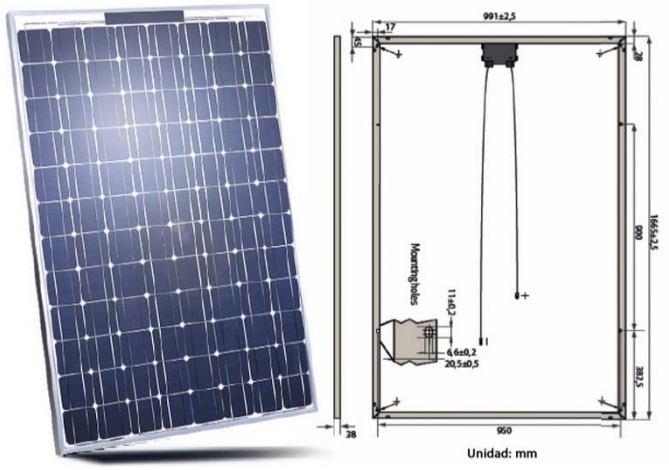
2) Modelo del tipo poli cristalino estándar de última generación de 250 Watts.

Cuadro 116: Características técnicas módulos poli-cristalinos 250 watts.

Características eléctricas	Panel solar estándar poli cristalino 250W
Modelo	VBMS250AA01
Potencia máxima (Pmax) [W]	250
Eficiencia de conversión (%)	15.2
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	30.2
Corriente para máxima potencia (lmp) [A]	8.3
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	37.4
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	8.86
Tolerancia de potencia a la salida [%]	+10/-5
Máximo voltaje del sistema (V)	1000
Serie de fusible (A)	15
Número de diodos de bypass interno	4
Temperatura (NOCT) [°C] Temperatura nominal de operación de célula	44.6
Coeficiente de temp. de Voc [V/°C]	-0.129
Coeficiente de temp. de Isc [mA/°C]]	3.45
Temperatura (NOCT) [°C]	44.6
Temperatura ambiente (C°)	-20 a 40
Nota:	Condición estándar: masa del aire= 1.5, irradiación=1000W/m², temperatura del panel=25°C
Vida	25 años
Pérdida de potencia anual	0.70%
Garantía por desperfectos de fabrica	10 años
Dimensiones (metros)	0.991x1.665

Fuente: Panasonic.

Ilustración 170: Dimensiones de módulos poli cristalinos estándar de última generación.



Fuente: Panasonic.

a) KWh por mes generado por un panel poli cristalino 250 Wp, en Santa Elena Barillas, Villa Canales a 15 grados de inclinación.

Cuadro 117: Generación anual por un panel poli-cristalino 250 watts.

	Poli cristalino estándar 250 W			
Mes	Irradiación promedio (KWh/m^2 por mes)	He (horas efectivas)	Días promedio por mes	KWh por mes
enero	5.519	5.519	31	42.77
febrero	6.032	6.032	28	42.22
marzo	5.424	5.424	31	42.04
abril	6.494	6.494	30	48.7
mayo	5.659	5.659	31	43.86
junio	4.161	4.161	30	31.21
julio	4.303	4.303	31	33.35
agosto	4.935	4.935	30	37.01
septiembre	5.144	5.144	31	39.87
octubre	4.439	4.439	30	33.29
noviembre	5.47	5.47	31	42.39
diciembre	5.299	5.299	30	39.74
			KWh / año	476.46

Fuente: Elaboración propia.

b) Dimensionamiento del sistema en base a carga anual calculada con paneles poli cristalinos 250W.

$$Número\ de\ paneles = \frac{4479.1}{476.45} = \ 9.4 \ \approx 10\ paneles$$

$$\text{Energía anual} = 476.45 \ \times 10 = \ 4764.5 \frac{\text{KWh}}{año}$$

c) Costos del sistema total.

Cuadro 118: Costos de sistema fotovoltaico 2A.

Descripción	Precio
10 paneles poli cristalinos 250W	Q36,583.36
Inversor marca SMA modelo sunny boy 3000	Q17,779.34
Estructura de aluminio anodizado	Q6,277.47
Materiales eléctricos, cableado y accesorios	Q4,248.60
Contador bidireccional y mano de obra	Q5,021.98
Total	Q69,910.75

Fuente: Empresa, 2014

d) Ventajas:

- Disponibilidad inmediata en mercado guatemalteco.
- Tecnología que ofrece principalmente menores perdidas a mayor temperatura de las células del módulo.
- Menor pérdida por absorción óptica.

e) Desventajas:

- Su alto costo.

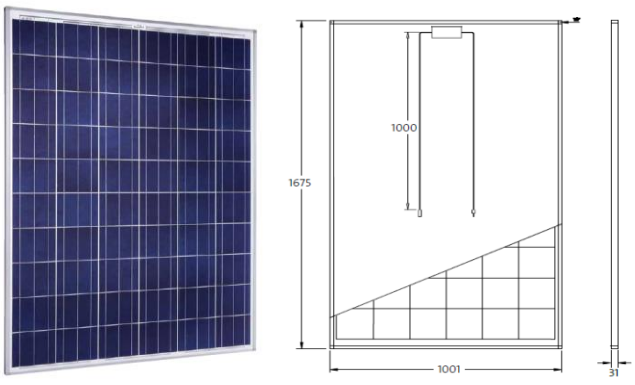
b. Empresa B:

Cuadro 119: Características técnicas módulos poli-cristalinos 250 watts.

Características eléctricas	Poli cristalino 250 watts
Modelo	Plus SW 250
Potencia máxima (Pmax) [W]	250 Wp
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	30,5 V
Corriente para máxima potencia (lmp) [A]	8,27 A
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	37,6 V
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	8,81 A
Protección contra sobrecorriente máx. [A]	16 A
Tolerancia de potencia a la salida [%]	5%
Voltaje máximo del sistema [V]	1001 V
Nota:	Condición estándar: masa del aire= 1.5, irradiancia=1000W/m², temperatura del panel=25°C
Temperatura (NOCT) [°C] Temperatura nominal de operación de célula	46 °C
Coeficiente de temp. de Pmax [%/°C)]	-0,41 %/C
Coeficiente de temp. de Voc [V/°C]	-0,31 %/C
Coeficiente de temp. de Isc [mA/°C]	0,051 %/C
Protección contra sobrecorriente máx. [A]	17 A
Tolerencia de potencia a la salida [%]	5%
Voltaje máximo del sistema [V]	1000 V
Vida	25 años
Garantía por desperfectos de fabrica	10 años
Pérdida de potencia anual	0.70%
Dimensiones (metros)	1.001x1.675

Fuente: Solar World.

Ilustración 171: Dimensiones de módulos poli-cristalinos estándar de última generación.



Fuente. Solarworld,

1) KWh por mes generado por un panel poli cristalino 250 Wp, en Santa Elena Barillas, Villa Canales a 15 grados de inclinación.

Cuadro 120: Generación anual por un panel poli-cristalino 250 watts.

	Poli cristalino estándar 250 W			
Mes	Irradiación promedio (KWh/m^2 por mes)	He (horas efectivas)	Días promedio por mes	KWh por mes
enero	5.519	5.519	31	42.77
febrero	6.032	6.032	28	42.22
marzo	5.424	5.424	31	42.04
abril	6.494	6.494	30	48.7
mayo	5.659	5.659	31	43.86
junio	4.161	4.161	30	31.21
julio	4.303	4.303	31	33.35
agosto	4.935	4.935	30	37.01
septiembre	5.144	5.144	31	39.87
octubre	4.439	4.439	30	33.29
noviembre	5.47	5.47	31	42.39
diciembre	5.299	5.299	30	39.74
			KWh / año	476.46

Fuente: Elaboración propia.

2) Dimensionamiento del sistema con base a carga anual calculada con paneles poli cristalinos 250W: (pérdidas se calculan posteriormente en el diseño final).

$$Número\ de\ paneles = \frac{4479.1}{476.45} = \ 9.4 \ \approx 10\ paneles$$

$$\text{Energía anual} = 476.45 \times 10 = \ 4764.5 \frac{\text{KWh}}{año}$$

3) Costos del sistema total:

Cuadro 121: Costos de sistema fotovoltaico B.

Descripción	Precio
10 paneles poli cristalinos 250W	Q26,400.00
10 micro inversores marca EMPHASE modelo m215	Q22,880.00
Estructura de aluminio anodizado	Q4,400.00
Materiales eléctricos, cableado y accesorios	Q1,760.00
Contador bidireccional y mano de obra	Q1,540.00
Total	Q56,980.00

Fuente: Empresa B.

4) Ventajas:

- Disponibilidad inmediata en mercado guatemalteco.
- Tecnología que ofrece principalmente gran desempeño a un menor costo.
- Tecnología compatible con micro-inversores, que reducen pérdidas del sistema.

5) Desventajas:

- Mayores pérdidas de potencia a mayor temperatura de células, comparado con otros paneles.

2. Cotización sistema convencional con lámparas de vapor de sodio de 100 watts de consumo, para cubrir distancia de 450 metros lineales. El siguiente cuadro muestra el precio de instalación para un sistema de alumbrado público convencional con lámparas de vapor de sodio, las cuales estarían presupuestadas asumiendo que el proyecto es aprobado por la municipalidad de Villa Canales, para aplicarlas en el "Condado Santa Elena". Este cuadro describe precios detallados de un sistema el cual posee una distancia promedio de 30 metros entre poste, sumando una distancia total de 450 metros lineales, con corriente eléctrica de tipo monofásica.

Cuadro 122: Cotización sistema convencional de lámparas vapor sodio 100 watts.

Sistema lámparas de vapor de sodio 100w			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Postes de concreto	15	Q4,677.20	Q70,158.00
Lámpara con canasta	15	Q1,025.20	Q15,378.00
Brazo galvanizado	15	Q161.04	Q2,415.60
Cableado triplex 6 aluminio	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	15	Q2,200.00	Q33,000.00
			Q128,174.64

Fuente: Empresa eléctrica.

3. Cotización con lámparas de LED de 30 watts de consumo y alimentación solar, para cubrir distancia de 450 metros lineales. Este cuadro muestra la cotización del sistema propuesto de alumbrado público con tecnología LED y alimentación solar a la red eléctrica, para el "Condado Santa Elena".

Cuadro 123: Cotización sistema lámparas LED 30 watts y sistema FV.

Sistema integrado de alumbrado público con lámparas LED de 30 watts y alimentación solar.			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	total
Postes de concreto	30	Q4,677.20	Q140,316.00
Lámpara con canasta	30	Q477.95	Q14,338.37
Brazo galvanizado para lámpara	30	Q71.40	Q2,142.10
Cableado triplex 6 aluminio (metros)	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	31	Q2,200.00	Q68,200.00
Sistema de paneles solares	1	Q56,980.00	Q56,980.00
Losa concreto (metros cúbicos)	5.4	Q1,408.00	Q7,603.20
Electro malla	2	Q140.80	Q281.60
Poste para contador bidireccional y tablero de conexiones	1	Q4,677.20	Q4,677.20
			Q301,761.50

Fuente: Empresa eléctrica, empresa B.

4. Criterios de selección de sistema de alumbrado público propuesto. Se utilizó una matriz de Pugh, para definir los criterios por los cuales se seleccionó el sistema de iluminación LED con alimentación solar, para aplicarlo en el "Condado Santa Elena". Siendo el criterio de costo el de mayor valor y el criterio de horas de vida de las lámparas el de menor valor.

Cuadro 124: Criterios de selección de lámparas.

		Calificación sistemas propuestos		Calificación por peso	
Criterios de diseño y desempeño	Peso	Convencional	Propuesto	Convencional	Propuesto
Costo	10	1	-1	10	-10
Eficiencia energética	9	-1	1	-9	9
Impacto ambiental	8	-1	1	-8	8
Horas de vida de lámparas	7	1	1	7	7
				0	14

Fuente: Elaboración propia.

5. Criterios de selección de sistema de paneles solares para sistema propuesto. A continuación se muestra una matriz de Pugh, en la cual se encuentran los criterios de selección del sistema de alimentación solar a la red eléctrica. Se tomó la decisión de utilizar los paneles poli cristalinos de 250 watts pertenecientes a la empresa "B". Siendo siete el valor más bajo en peso de calificación y diez el valor más alto.

Donde:

a = paneles HIT 240 empresa A.

b = paneles poli cristalinos 250 empresa A.

c = paneles poli cristalinos 250 empresa B.

Cuadro 125: Criterios de selección de sistema fotovoltaico.

		Calificación sistemas fotovoltaicos			Peso por calificación		
Criterios de diseño y desempeño	Peso	a	b	c	a	b	c
Costo	9	-1	0.5	1	-9	4.5	9
Generación KWh/ año	10	0.8	1	1	8	10	10
Impacto ambiental	8	1	1	1	8	8	8
Años de vida	7	1	1	1	7	7	7
					14	31.5	36

Fuente: Elaboración propia.

6. Análisis de resultados de propuesta. Es importante tomar en cuenta que en esta propuesta se consideran aspectos como el legislativo, ya que se está asumiendo que se utilizaría el presupuesto de la municipalidad de Villa Canales, para la implementación del proyecto. Por decreto de ley, esta entidad del gobierno es la responsable de ampliar, brindar mantenimiento respectivo entre otras funciones, para el servicio de alumbrado público. También se asume que en el caso de que se implementara un sistema de alumbrado público convencional con 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts para 450 metros lineales de iluminación, la municipalidad no tendría inconvenientes en llevar a cabo el proyecto, ya que esto estaría dentro del presupuesto y se haría el contrato correspondiente con la empresa eléctrica del área. Por tanto, para el sistema propuesto de lámparas LED con alimentación a la red eléctrica, por un sistema fotovoltaico, se asume que parte del capital de inversión no estaría dentro del presupuesto, por lo que esa diferencia económica es la que entra en el análisis financiero, para verificar en qué plazo se recupera con el equivalente a la energía ahorrada.

Anualmente el sistema de lámparas LED ahorraría la cantidad de 2986.1 KWh y el precio de las lámparas no sobrepasa el presupuesto, aunque se necesitan dos lámparas LED de 30 watts por cada 30 metros de iluminación, ya que estas poseen 2800 lúmenes de capacidad, con eficiencia de 93.3 lúmenes por watt. En comparación que con lámparas de vapor de sodio de 100 watts, se necesita una lámpara por cada 30 metros ya que estas poseen 9000 lúmenes de capacidad con eficiencia de 90 lúmenes por watt, es decir que abarcan más radio de iluminación que las lámparas LED propuestas, pero su consumo en energía es mucho mayor.

Las lámparas tipo LED de 30 watts poseen un consumo de energía ascendente del mes de enero a julio debido a que las horas sol efectivas van decayendo y del mes de agosto a diciembre el comportamiento es ascendente porque existe más horas efectivas de luz solar durante los días de estos meses.

Con base a la selección de criterios del sistema fotovoltaico se determinó que el costo, la eficiencia energética y el impacto ambiental son los aspectos de mayor peso en calificación, esto con el fin de alcanzar los objetivos trazados en el proyecto y brindar una posible solución a la demanda de alumbrado público analizada en el presente trabajo.

W. Descripción del diseño final; generación y consumo de energía, considerando pérdidas.

1. Metodología

a. Diez paneles poli cristalinos estándar de 250 watts. Dimensiones de módulos poli cristalinos estándar de última generación.

Cuadro 126: Especificaciones de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar.

Cantidad de módulos	Orientación	Inclinación	Distancia entre filas de módulos
10	Sur	15°	1 metro

Fuente. Solarworld.

Cuadro 127: Descripción de instalación de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar.

Cantidad de ramas	Paneles en serie	Voltaje máximo	Corriente nominal	Potencia nominal
4	10	240/250 V	1	2.5 kw

Fuente: Empresa B.

Cuadro 128: Coordenadas geográficas de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar.

Lugar	“Condado Santa Elena”	
Coordenadas geográficas	N	O
	14° 24´ 32´´	90° 32´ 26.6´´

Fuente: Empresa B.

Cuadro 129: Materiales y especificaciones de instalación paneles poli cristalinos 250 watts estándar.

Losa de concreto	Estructura	Poste de concreto para caja de conexiones	Filas de módulos	Columnas
7x 6 x 0.15 (5.4 metros cúbicos)	Aluminio anodizado	10 metros de altura	4	3

Fuente: Empresa B.

2. Diez micro- inversores modelo M250 para instalación del tipo monofásica. Este modelo de micro-inversor posee la ventaja, que no se sobredimensiona el sistema y que brinda una altísima eficiencia de 96.5 % de conversión de corriente DC a corriente AC, para inyectar a la red, de forma monofásica.

Ilustración 172: Micro inversor m215.



Fuente. Emphase.

Cuadro 130: Características técnicas de micro inversor.

Micro inversor	M250
Potencia de entrada recomendada	210 - 300 W
Máxima tensión de entrada DC	48 V
Máxima corriente de entrada	15 A
Máxima potencia de salida	250 W
Corriente nominal	1.00 A
Rango nominal de tensión	240 V / 211-264 V
Máximo de unidades por rama en serie	20
Eficiencia	96.50%

Fuente. Manual emphase; elaboración propia.

3. Dimensionamiento de cables. Según fabricante la caída de voltaje no debe exceder del 2%, por lo que el manual de los micro-inversores brinda la información necesaria para calcular el largo y calibre de cableado necesario y no sobrepasar el porcentaje especificado, a manera que el sistema funcione de manera eficiente.

a. Caída de voltajes para diez micro inversores utilizando 17 metros de cable 12 AWG por línea. El recorrido del cableado desde el primer micro-inversor hasta la primera caja de conexiones AC es de 17 metros y se obtuvo una caída de voltaje de 0.54 %, para 10 micro-inversores, según manual del fabricante. El cable está conformado por cuatro líneas de cable 12 AWG de cobre y viene adjunto a los micro-inversorsores.

Ilustración 173: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase.

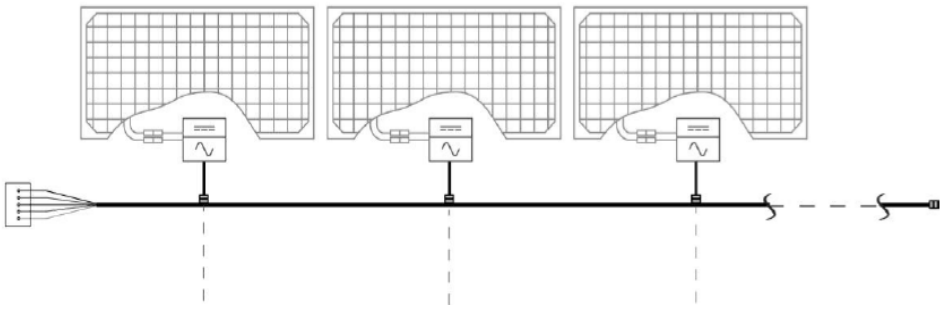
M250 VRise for 240 VAC, 4 Wire, 1.7m Landscape Engage Cable
Center-Fed & End-Fed

Microinverters per Sub-Branch (Center-Fed) or per Branch (End-Fed) in Landscape																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VRise	0.02	0.07	0.14	0.23	0.35	0.49	0.66	0.84	1.05	1.29	1.54	1.83	2.13	2.46	2.81	3.18
%	0.01	0.03	0.06	0.10	0.15	0.20	0.27	0.35	0.44	0.54	0.64	0.76	0.89	1.02	1.17	1.33
Current	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00

Fuente: Manual emphase.

Distancia de 1.7 metros entre cada micro-inversor dando un total de 17 metros de distancia del primer micro- inversor al último.

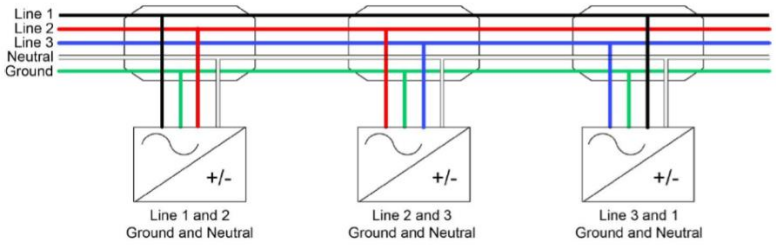
Ilustración 174: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores.



Fuente: Manual emphase.

b. Cálculos de los cables. Cuando se adquiere micro-inversores de este tipo, el fabricante también provee el cable aislado, el cual posee cuatro líneas de calibre 12 AWG de cobre aislado que se identifican con los números 1, 2,3 y la neutral. Las líneas 1 y 2 son las que conducen 120 voltios y la línea color blanco corresponde al neutral. Como es una conexión de tipo monofásica la línea 3 no se utiliza, ésta únicamente se utiliza para una conexión trifásica como se muestra en el siguiente diagrama. Además, el fabricante provee cable de cobre desnudo calibre 10 AWG, que tiene la función de tierra, para proteger al equipo de descargas eléctrica; línea de color verde.

Ilustración 175: Identificación de líneas de cableado para micro-inversores emphase**.**



Fuente: Manual emphase.

Ilustración 176: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase.



.Fuente: Manual emphase.

Ilustración 177: Cableado e instalación de micro-inversores emphase.



Fuente: Manual emphase.

c. Porcentaje de caída de voltaje de 30 metros de cable 10 AWG. Caída de voltaje de la primera caja de conexiones AC al panel de protecciones de los micro-inversores y contador bidireccional. Se calculó utilizando como referencia cable número 10 AWG de cobre aislado, con longitud de 30 metros por línea y fórmula recomendada en el manual del fabricante. Como se muestra a continuación.

Cuadro 131: Manual para dimensionamiento de cableado para micro-inversores emphase a 68 F.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm^2)	Kg. por km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
12	2.053	3.31	29.4	5.21	9.3
10	2.59	5.26	46,8	3.27	15

Fuente: Manual emphase.

$$\Delta V = \frac{A}{\text{inversor}} \times \#\text{inversores} \times \frac{R}{\text{metros}} \times \text{largo} \times 2 \text{ líneas}$$

$$\Delta V = \frac{1A}{\text{inversor}} \times 10 \text{ inversores} \times \frac{0.00327 \text{ ohms}}{\text{metros}} \times 30 \text{ metros} \times 2 \text{ líneas}$$

$$\Delta V = 1.962 \text{ voltios}$$

$$\Delta V\% = \frac{1.962 \text{ V}}{240 \text{ V}} \times 100 = 0.82\%$$

4. Porcentaje de caída de voltaje total. El porcentaje de 1.36 % es la suma total de pérdidas por cableado con una longitud total de 47 metros, utilizando cable de 30 metros calibre 10 AWG por línea y 17 metros de cable calibre 12 AWG por líneas de cobre aislado. De manera que se cumple con las especificaciones descritas en el manual del fabricante, en no exceder el 2%, en caída de voltaje de todo el sistema.

$$\Delta V = 0.82\% + 0.54\% = 1.36\ \%$$

Cuadro 132: Largo de cables y calibre.

17 metros cable 12 AWG	30 metros cable 10 AWG	Tierra:45 metros cable de cobre desnudo calibre 10
3 Líneas	3 líneas	1 línea

Fuente: Manual emphase.

a. Accesorios para conexiones de cable y micro-inversores. Estos accesorios son necesarios para la interconexión de micro-inversores y vienen incluidos en la compra de los mismos.

Ilustración 178: Conectores y accesorios para micro-inversores emphase.



Fuente: Manual emphase.

5. Desconexión AC. Termo-interruptor, con la función de proteger al circuito eléctrico de cualquier sobre corriente o voltaje.

Cuadro 133: Característica eléctrica de termo interruptor.

Marca	Modelo	Voltaje	Corriente
GE	THQL	240	15 A

Fuente: Catálogo Proelca.

Ilustración 179: Termo interruptor.



Fuente: Catálogo Proelca.

6. Tablero para conexiones monofásicas de 240 voltios. En este tablero estaría instalado en un poste de concreto de 10 metros de altitud y es donde se conectarían los cables provenientes del sistema de alumbrado público, el termo-interruptor en el cual estaría conectado el sistema fotovoltaico por medio de cableado y todo este conjunto conectado al contador bidireccional.

Ilustración 180:1 Tablero de conexiones AC, 240 voltios, corriente monofásica.



Fuente: Catálogo Proelca.

7. Contador bidireccional. Este equipo lo proporciona la empresa eléctrica, tiene la función de registrar y cuantificar la energía generada e inyectada a la red eléctrica por medio del sistema fotovoltaico; así como también de cuantificar la energía consumida por el sistema de alumbrado público. Al final de cada mes se obtiene la diferencia de la energía consumida y la energía generada e inyectada.

Ilustración 181: Contado bidireccional.



Fuente: EGGSA.

8. 30 postes con lámparas tipo LED de 30 watts de consumo y 1,350 metros de cable tipo “triplex”, de aluminio calibre 6, para corriente monofásica conectados a la red eléctrica.

Ilustración 182:2 Postes de iluminación con lámparas tipo LED de 30 watts de consumo.



Fuente: Luxilite.

9. Generación y consumo anual considerando pérdidas totales del sistema. En los párrafos anteriores de este documento se calculó en porcentaje la caída de voltaje al utilizar para el diseño propuesto, 17 metros de cable calibre 12 AWG por línea y 30 metros de cable 10 AWG por línea, lo que significa que afecta directamente a la caída de potencia entregada a la red.

A continuación se demuestra que la caída de 1.36% en voltios es igual a 1.36% en caída de potencia entregada. Como la eficiencia por micro-inversor es de 96.5%, se multiplica por la potencia entregada por cada panel solar para obtener la potencia real y luego se resta el porcentaje de 1.36% a esta potencia, para obtener el valor real de potencia inyectada a la red.

a. Cálculo de pérdida de potencia por cableado de un panel de 250 watts.

$$\text{Potencia micro inversor} = 250\ \text{W} \times 0.965 = 241.25\ \text{watts}$$

$$\text{V} = \frac{\text{P}}{\text{I}}$$

$$\text{Voltaje microinversor} = \ \text{V} = \frac{241.25\ \text{watts}}{1\ \text{A}} = 241.25\ \text{voltios}$$

$$\text{Pérdidas de voltaje total por cables} = 241.25\ \text{V} \times 0.0136 = 3.281\ \text{voltios}$$

$$\text{P} = \text{VI}$$

$$\text{Potencia perdida por cables} = 3.281\ \text{V} \times 1\text{A} = 3.281\ \text{watts}$$

$$\%\text{Pérdidas de potencia por cables} = \frac{3.281\ \text{watts}}{241.25\ \text{watts}} \times 100 = 1.36\%$$

b. Cálculo de potencia entregada y energía real por un panel de 250 watts considerando las pérdidas de cableado y eficiencia del micro inversor, para el mes de enero.

$$\text{Potencia real entregada por panel} = 250 \text{ Watts} \times 0.965 \times (1 - 0.0136) = 237.97 \text{ watts}$$

$$\text{Energía real por panel} = \frac{237.97 \text{ watts} \times 5.52 \text{ horas efectivas} \times 31 \text{ días}}{1000} = 407.14 \frac{\text{KWh}}{\text{mes}}$$

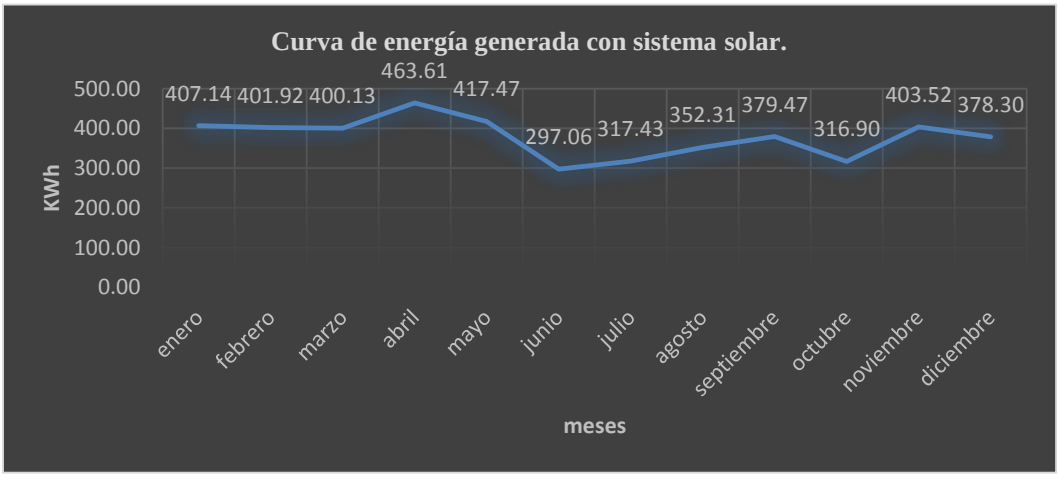
1) Resultados.

Cuadro 134: Generación de energía considerando pérdidas por cableado y micro-inversores.

Mes	KWh por mes	Cantidad módulos FV	KWh por mes	KWh por mes por eficiencia del inversor	Pérdidas por KWh, por cableado del equipo	KWh por mes reales entregados
enero	42.77	10	427.72	412.75	5.61	407.14
febrero	42.22	10	422.24	407.46	5.54	401.92
marzo	42.04	10	420.36	405.65	5.52	400.13
abril	48.71	10	487.05	470	6.39	463.61
mayo	43.86	10	438.57	423.22	5.76	417.47
junio	31.21	10	312.08	301.15	4.1	297.06
julio	33.35	10	333.48	321.81	4.38	317.43
agosto	37.01	10	370.13	357.17	4.86	352.31
septiembre	39.87	10	398.66	384.71	5.23	379.47
octubre	33.29	10	332.93	321.27	4.37	316.9
noviembre	42.39	10	423.93	409.09	5.56	403.52
diciembre	39.74	10	397.43	383.52	5.22	378.3
anual	476.46	10	4764.56	4597.8	62.53	4535.27

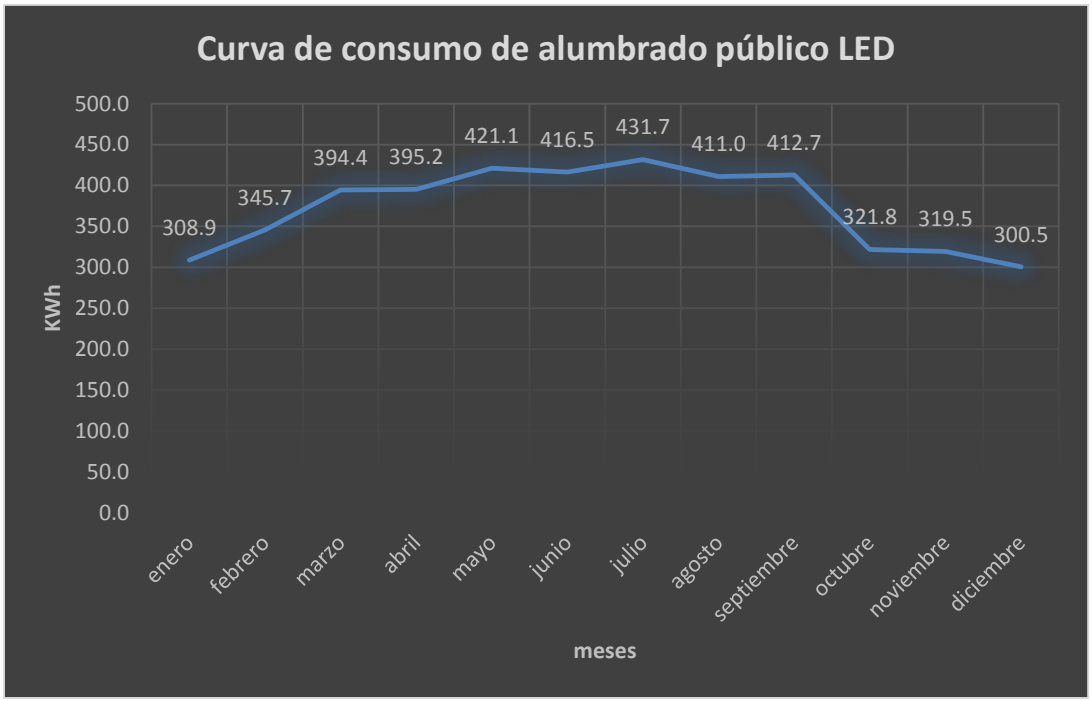
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 183: 3Generación de energía considerando pérdidas por cableado y micro-inversores.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 184: Consumo energético anual por sistema de 30 lámparas LED de 30 watts.



Fuente: Elaboración propia.

2) Análisis de diseño y generación de energía. Se llegó a determinar que los paneles del tipo poli cristalino de 250 watt, serían los más eficientes en generación de energía por captación solar y además que estos cumplen con las características adecuadas de voltaje y amperaje en la generación de energía, requerida para compensar el consumo de energía eléctrica de las lámparas LED propuestas en este proyecto. Los paneles están en 4 filas, en las cuales 3 filas están conformadas por 3 paneles solares cada una y la última fila es de un solo panel solar, conectados en serie; este tipo de conexión genera 2,400 voltios aproximadamente y un amperio nominal de corriente. Además, se consideró una distancia de 1 metro entre filas, esto con el fin de evitar sombras, las cuales podrían causar una baja en la eficiencia del sistema propuesto.

La inclinación adecuada es de 15 grados, ya que este ángulo, es ligeramente mayor a la latitud geográfica, de donde se encontraría el sistema fotovoltaico y la orientación es sur, debido a que las células poli cristalinas de los paneles deben estar direccionadas hacia ecuador, lugar de mayor irradiación solar en la Tierra, esto con el fin de mantener la eficiencia del sistema. Se seleccionó para el sistema 10 micro inversores con eficiencia de 96.5%, en lugar de un inversor de mayor capacidad, ya que ésta no sobredimensiona el sistema, además que evita los puntos calientes de los paneles solares, por el tipo de tecnología patentada que estos utilizan y ahorran costos. Se seleccionaron 17 metros de cable calibre 12 AWG por línea y 30 metros de cable calibre 10 AWG por línea, ya que ésta solo genera el 1.36% de pérdidas, que cumple con las especificaciones descritas en el manual de los micro inversores de no sobre pasar el 2% en pérdidas por cableado. Debido a

que la inyección de energía eléctrica es monofásica dos líneas son de 120 voltios cada una y la tercera línea es la neutral. Además, el sistema posee cable calibre 10 AWG de cobre desnudo, que funciona como tierra, con el fin de proteger el sistema de cualquier descarga eléctrica que pueda sufrir el sistema.

El termo interruptor tiene la función de proteger, si llegara a ocurrir una sobre corriente que pueda dañar al sistema completo. El tablero de conexiones es elemento que permite integrar todas las conexiones con el contador bidireccional que lleva el conteo que la energía generada y la consumida en KWh. Se puede observar que la curva presentada con anterioridad, tiene un incremento de generación de 407.14 KWh a 463.1 KWh, en los meses de enero hasta abril, esto sucede posiblemente porque es época de verano en Guatemala por lo que existe un registro de mayor irradiación solar según el INSIVUMEH; en el mes de junio hay un decrecimiento con un valor de 297.06 KWh, para luego tener un comportamiento oscilatorio, hasta llegar a los 378.30 KWh en el mes de diciembre; se generan un total 4535.27 KWh para el primer año. La siguiente curva, presenta un comportamiento ascendente del mes de enero al mes de julio con consumos de 308.9 KWh a 431.7 KWh respectivamente, porque existe una relación directa en el decrecimiento gradual de horas efectivas de luz solar en el transcurrir del año según el INSIVUMEH, y del mes de agosto a diciembre el consumo decrece 411 KWh a 300.5 KWh, dando como resultado un consumo total de 4479.1 KWh. Se llega a concluir que la generación sobre pasa en 56.17 KWh, el consumo de alumbrado público LED, por lo que no existe un sobredimensionamiento del sistema, e igual siempre deja un margen por cualquier pérdida en eficiencia imprevista que pueda suceder en el año.

X. Análisis financiero.

1. Metodología. Para un proyecto convencional de alumbrado público con lámparas de vapor de sodio de 100 watts y corriente monofásica diseñado para cubrir 450 metros lineales de iluminación, la municipalidad de Villa Canales tendría que realizar las gestiones correspondientes e invertir en el proyecto asumiendo que se tiene el presupuesto, todo esto basado en el código Municipal en Decreto 12-2002 y sus reformas: Artículos 68, 72, 73 y 74.

Por tanto en este análisis financiero se considera solamente la diferencia de capital fuera del presupuesto que se necesitaría para implementar un este sistema de alumbrado público no convencional, como el propuesto. Se analiza el tiempo de recuperación de esta inversión, realizando tres escenarios a largo plazo y considerando la vida del equipo de veinticinco años, para verificar si el sistema es rentable. A continuación se realiza el detalle de costos de todo el equipo.

a. Costo total del sistema fotovoltaico.

Cuadro 135: Costos de sistema fotovoltaico B.

Sistema convencional de alumbrado público.			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Postes de concreto	15	Q4,677.20	Q70,158.00
Lámpara con canasta	15	Q1,025.20	Q15,378.00
Brazo galvanizado	15	Q161.04	Q2,415.60
Cableado triplex 6 aluminio	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	15	Q2,200.00	Q33,000.00
			Q128,174.64

Fuente: Empresa B.

b. Costo total de todo el sistema integrado de 30 lámparas LED de 30 watts y paneles solares.

Cuadro 136: Cotización sistema lámparas LED 30 watts y sistema FV.

Sistema integrado de alumbrado público con lámparas LED de 30 watts y alimentación solar.			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	total
Postes de concreto	30	Q4,677.20	Q140,316.00
Lámpara con canasta	30	Q477.95	Q14,338.37
Brazo galvanizado para lámpara	30	Q71.40	Q2,142.10
Cableado triplex 6 aluminio (metros)	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	31	Q2,200.00	Q68,200.00
Sistema de paneles solares	1	Q56,980.00	Q56,980.00
Losa concreto (metros cúbicos)	5.4	Q1,408.00	Q7,603.20
Electro malla	2	Q140.80	Q281.60
Poste para contador bidireccional y tablero de conexiones	1	Q4,677.20	Q4,677.20
			Q301,761.50

Fuente. Empresa eléctrica, empresa B.

2. Inversión incluida en análisis financiero de alumbrado público con lámparas LED de 30 watts y sistema fotovoltaico.

Cuadro 137: Inversión.

Sistema convencional AP, VAP 100 W	Sistema AP LED 30 W con sistema FV	Diferencia e Inversión
Q128,174.64	Q301,761.50	Q173,586.86

Fuente: Elaboración propia.

a. Gastos y costos de operación fijos esperados durante años vida del sistema. En este análisis no se considera el cambio de lámparas LED o mantenimiento necesario del alumbrado público, ya que estos costos se cubren con la tasa municipal del 15%, según lo establecido por la ley. Debido a que mensualmente este porcentaje se factura, a cada usuario en el recibo de electricidad, según los KWh, consumidos en el mes. A continuación se muestra el cuadro de actividades y costos fijos que representa el mantenimiento de operación del sistema fotovoltaico.

Cuadro 138: Actividades de mantenimiento de 7 horas mensuales.

Actividad	Horas mensuales
Limpieza de celdas de paneles solares.	2
Limpieza y servicio de conexiones eléctricas con accesorios.	1.5
Medición de voltajes y corrientes.	0.5
Revisión de óxido y humedad.	0.5
Limpieza general de área.	1
Servicio de micro-inversores.	1
Análisis termo gráfico	0.5
Total de horas mensuales.	7

Fuente: Empresa B.

Se consideró, el costo anual fijo que representa el mantenimiento del sistema fotovoltaico, tomando como referencia lo que cobraría un técnico electricista por sus horas de servicio mensuales en Guatemala, ya que sería necesario contratar a una persona responsable y encargada directamente del equipo de paneles solares.

Cuadro 139:1 Costo mensual fijo por mantenimiento.

Horas mensuales	7
Veces por mes	1
Sueldo mensual	Q600.00
Costo anual	Q7,200

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que las horas de mantenimiento asociadas a la operación del sistema de generación solar, representan un costo fijo anual fijo de Q 7,200.

1) Condiciones de mercado. Para el análisis se tomó como referencia la tasa líder de interés y tasa de cambio promedio publicada por Banguat en el año 2014.

Cuadro 140:2 Tasa líder de interés y tasa de cambio quetzal-dólar.

Tasa líder de interés	4.50%
Cambio	Q7.8 / $1.00

Fuente: Banguat.

2) Estimación de ingresos esperados de la inversión. Los ingresos esperados están relacionados con la capacidad de generación de energía del sistema fotovoltaico y de los ahorros que puedan obtenerse debido al bajo consumo de las lámparas LED. Los KWh producidos sumados a los KWh ahorrados en un periodo anual y este total multiplicado por el precio (Q/KWh), durante veinticinco años, es igual a los ingresos anuales que se pueden obtener durante la vida del proyecto.

$$I = (G + A) \times P$$

I = ingreso en quetzales.

G = generación sistema FV en KWh.

A = ahorros de energía en KWh.

P = precio de la energía en Q/KWh.

3) Escenarios. Para el análisis de escenarios, se describen dos variables de suma importancia para determinar la rentabilidad del proyecto.

- Costo de la energía: el costo de escenario base se obtuvo de factura de consumidor de baja tensión. Esta factura del año 2014 corresponde al área de Santa Elena Barillas, Villa Canales, donde se ubica el "Condado Santa Elena". El escenario pesimista muestra una baja del costo de 15.6 centavos y el escenario optimista un alza de 15.6 centavos de quetzal, durante la vida útil del proyecto. Estos precios según proyección del año 2012 al año 2026, del costo marginal y monómico de la energía presentado en el informe *Perspectivas de los Planes de Expansión*, emitido por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica en enero de 2012.

- Pérdida de eficiencia: representa el porcentaje de caída de generación de energía o de aprovechamiento de la misma, debido a la degradación del equipo durante el tiempo.

- Variables supuestas para cada escenario:

Cuadro 141: Variables supuestas para cada escenario económico.

Variables	Precio Q/ KWh	Caída de eficiencia anual
Escenario pesimista	1.5419	0.70%
Escenario base	1.6979	0.70%
Escenario optimista	1.8539	0.50%

Fuente: Factura usuario, CNEE.

3. Resultados.

Cuadro 142:3 Resultados financieros.

	Pesimista	Base	Optimista
VPN	(Q121,936.36)	(Q102,197.50)	(Q81,710.38)
TIR	-5%	-3%	-1%
Tiempo de recuperación	No se recupera	No se recupera	No se recupera

Fuente: Elaboración propia.

4. Análisis financiero. Por medio de este análisis financiero se tomaron las siguientes consideraciones: un sistema convencional de alumbrado público de 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts, tiene un precio Q128, 174.64 para 450 metros lineales de iluminación. El sistema integrado de alumbrado público de 30 lámparas LED de 30 watts con sistema de paneles fotovoltaicos para inyección a la red presenta un costo de Q301, 761.50, para los mismos 450 metros lineales de iluminación. Por lo que en este análisis solo se consideró la diferencia de inversión de Q173, 586.86, asumiendo que este dinero no estaría dentro del presupuesto de un proyecto normal, que implementaría la municipalidad de Villa Canales, en "Condado Santa Elena".

Los costos por mantenimiento del servicio de alumbrado público como cambio de lámparas, cables *etc.*, no se consideran ya que por decreto de ley esto se cubre con la tasa municipal del 15%, que se cobra a cada usuario que utiliza el servicio eléctrico, en la factura mensual. El costo de la energía de Q1.6979/ KWh en el escenario base fue obtenido del registro de consumos, según factura de usuario que reside actualmente en la ubicación del "Condado Santa Elena".

De la misma manera se determinó un escenario pesimista con costo de energía de Q 1.5419/KWh, utilizando como referencia el informe *Perspectivas de los Planes de Expansión* de la Comisión Nacional de Energía Electica, el cual muestra una proyección del costo marginal y monómico de la energía proyectado al año 2026. Este informe determinó con base al costo de los combustibles, el tipo de tecnología de generación, costos de operación, oferta y demanda, la variación del costo energético promedio para todos los escenarios analizados. Siendo el costo marginal más bajo de Q 0.468/KWh ($0.06/KWh), el costo medio de Q0.624 /

KWh ($0.08/KWh) y el costo más alto de Q 0.78/KWh ($0.1/KWh) en la proyección establecida del año 2012 al año 2026. Con base a estos costos se calculó una desviación estándar de Q0.156 / KWh, para establecer los escenarios analizados.

De acuerdo a la desviación del costo de la energía se consideró un escenario optimista con un valor de Q 1.8539 / KWh, La tasa líder de interés según Banguat (2014), es de 4.5 % y se calculó una tasa promedio de cambio también publicada por Banguat (2014) de Q 7.8 / $1.00, esto con el fin de manejar las variables más adecuadas, de las cuales se obtuvieran valores y resultados más cercanos a un escenario real. Además, se consideró un costo fijo anual de Q 7,200, esto con el fin de representar el costo de mantenimiento anual que se debe implementar en un equipo paneles solares durante todo su ciclo de vida y operación.

Utilizando el método financiero del valor presente neto se obtuvo para el escenario pesimista una tasa interna de retorno de -5%, con un saldo pendiente de Q102, 197.50, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido. Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno de -3%, con un saldo pendiente de Q102, 197.50, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del -1%, con un saldo pendiente de Q81, 710.38, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido.

Financieramente, la inversión no es rentable debido a que el costo por mantenimiento anual de los paneles solares es elevado, el número de lámparas y postes de concreto es mayor porque la capacidad de iluminación es menor; por lo que se determinó que son los factores negativos en los tres escenarios establecidos. El precio de la energía no varía más de Q0.156 / KWh, y la eficiencia no cambia más del 0.02% en los tres escenarios, por lo que estos factores no afectan la inversión negativamente, en gran proporción.

Y. Impacto ambiental

1. Metodología. En este análisis se calculó la energía realmente ahorrada por el sistema de alumbrado público con lámparas LED y sistema de módulos fotovoltaicos para inyección a la red. Se utilizó como referencia el consumo de energía que normalmente demanda un sistema convencional de alumbrado público con lámparas de vapor de sodio de 100 watts, como se ha descrito anteriormente en el presente trabajo. El valor de energía anual ahorrada por todo el sistema y no utilizada se multiplica por un factor de toneladas de CO_2 según el tipo de combustible utilizado. La cantidad de CO_2 en toneladas anuales obtenidas, representan el valor de reducción de este gas de efecto invernadero, que sería emitido a la atmósfera. A continuación se muestran los cálculos para el año 2015, si se hubiera quemado carbón mineral en una planta termoeléctrica para la generación de esta energía ahorrada.

$1\ \text{Mwh} = 3.6\ \text{Gigajoule (GJ)}$

$\text{Consumo anual lámparas LED} = 4{,}479.10\ \text{KWh}$

$\text{Generación anual sitema FV} = 4{,}535.10\ \text{KWh}$

$$\text{Ahorro de energía anual por lámparas LED} = \frac{\text{KWh}}{\text{anual}}\ \text{vapor sodio} - \frac{\text{KWh}}{\text{anual}}\ \text{LED}$$

$$= 2{,}986.10\ \frac{\text{KWh}}{\text{anual}}$$

$$\text{Ahorro total} =$$

$$\frac{\text{Generación anual sistema FV} + \text{ahorro de energía anual lámparas LED} - \text{consumo anual LED}}{1000} =$$

$$= \frac{3.042\ \text{Mwh}}{\text{anual}}$$

$$= \frac{3.042\ \text{Mwh}}{\text{anual}} \times \frac{3.6\ \text{GJ}}{1\ \text{Mwh}} \times \frac{0.0946\ \text{toneladas CO2}}{1\ \text{GJ}} = \frac{1.04\ \text{toneladas de CO2}}{\text{anual}}$$

1.04 toneladas de CO_2 anuales serían reducidas por el sistema de alumbrado público con lámparas LED y sistema fotovoltaico, si se hubiera quemado carbón mineral para la generación de energía eléctrica, según el cuadro de factor de emisión de CO_2 aceptado internacionalmente, según E&Co (2001), corporación de inversiones sin fines de lucro, con funciones dentro de programa FENERCA.

2. Resultados.

Cuadro 143:4 Resultados de análisis impacto ambiental.

Tiempo	Energía GJ equivalente reducción emisiones CO_2	Toneladas de CO_2/ carbón mineral	Toneladas de CO_2/gas natural	Toneladas de CO_2/aceite combustible	Toneladas CO_2/diésel	Toneladas de CO_2/ propano
25 años	178.3	16.87	10	13.8	13.21	11.25

Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis impacto ambiental. Se concluyó que por la energía ahorrada durante el período de 25 años, vida del proyecto, se reducirían 16.87 toneladas de CO_2 si se hubiera utilizado carbón mineral, para generación de esta energía. Se determinó que se reducirían 10 toneladas de CO_2, si se hubiera quemado gas natural, 13.8 toneladas de CO_2 se reducirían si se quemara aceite combustible, 13.21 toneladas de CO_2 si se hubiera quemado diésel, para generar la energía ahorrada y 11.25 toneladas de CO_2 si se hubiera quemado

gas propano, para la generación de la energía ahorrada, durante los 25 años de vida del proyecto. La cantidad de energía ahorrada total durante 25 años es de 178.3 GJ o su equivalente 49.52 MWh.

Z. Análisis financiero de otras alternativas para el ahorro energético en alumbrado público para "Condado Santa Elena"

Se determinó que el sistema de 30 lámparas LED de 30 watts y sistema fotovoltaico para inyección a la red eléctrica no es un proyecto eficiente y financieramente factible, por lo que a continuación se analizan otras propuestas con el fin de establecer cuál sería más rentable en base al ahorro de bajo consumo energético en "Condado Santa Elena".

1. Metodología.

a. Implementar 15 lámparas de vapor de sodio para 450 metros lineales de iluminación y sistema fotovoltaico para inyección a la red eléctrica. (Propuesta A)

- Para lámparas de vapor de sodio de 100 watts el fabricante y proveedor recomiendan una distancia inter-postal de 30 metros, debido a que estas poseen aproximadamente un radio de iluminación de 15 metros, por lo que se determinaron 15 postes:

$$\frac{450 \text{ metros}}{30 \text{ metros}} \cong 15 \text{ postes con lámparas de vapor de sodio.}$$

b. El consumo anual de energía en KWh por 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts considerando pérdidas.

Cuadro 144: Consumo anual por 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts, considerando pérdidas.

Consumo KWh /anual
7465.2

Fuente: Elaboración propia.

- Número de paneles solares del tipo poli-cristalinos considerando pérdidas, con vida útil de 25 años según fabricante:

$$\text{Número de paneles} = \frac{7465.2}{453.52} = \ 16.46 \ \approx 17 \text{ paneles.}$$

Cuadro 145:5 Generación anual de energía en KWh por 17 paneles solares poli cristalinos.

Mes	KWh por mes	Cantidad paneles FV	KWh por mes	KWh por mes por eficiencia del inversor	Pérdidas en KWh, por cables del equipo	KWh por mes reales entregados
enero	42.77	17.00	727.13	701.68	9.54	692.14
febrero	42.22	17.00	717.81	692.68	9.42	683.26
marzo	42.04	17.00	714.61	689.60	9.38	680.22
abril	48.71	17.00	827.99	799.01	10.87	788.14
mayo	43.86	17.00	745.57	719.48	9.78	709.69
junio	31.21	17.00	530.53	511.96	6.96	505.00
julio	33.35	17.00	566.92	547.08	7.44	539.64
agosto	37.01	17.00	629.21	607.19	8.26	598.93
septiembre	39.87	17.00	677.72	654.00	8.89	645.11
octubre	33.29	17.00	565.97	546.16	7.43	538.74
noviembre	42.39	17.00	720.67	695.45	9.46	685.99
diciembre	39.74	17.00	675.62	651.98	8.87	643.11
					anual	7709.96

Fuente Elaboración propia.

2. Análisis financiero.

a. Inversión y costos totales.

Cuadro 146: Costos de sistema fotovoltaico conformado por 17 paneles solares poli-cristalinos.

Descripción	Precio
17 paneles poli cristalinos 250W	Q44,880.00
17 micro inversores marca EMPHASE modelo m215	Q38,896.00
Estructura de aluminio anodizado	Q6,600.00
Materiales eléctricos, cableado y accesorios	Q2,288.00
Contador bidireccional y mano de obra	Q1,848.00
Total	Q94,512.00

Fuente: Empresa B.

Cuadro 147: Costos de sistema de 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts y 17 paneles solares.

Sistema lámparas de vapor de sodio 100 watts y paneles solares			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Postes de concreto	15	Q4,677.20	Q70,158.00
Lámpara con canasta	15	Q1,025.20	Q15,378.00
Brazo galvanizado	15	Q161.04	Q2,415.60
Cableado triplex 6 aluminio	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	15	Q2,200.00	Q33,000.00
Sistema de paneles solares	1	Q94,512.00	Q94,512.00
Losa concreto para paneles solares (metros cúbicos)	8	Q1,408.00	Q11,264.00
Electro malla para losa	2	Q140.80	Q281.60
Poste para contador bidireccional y tablero de conexiones	1	Q4,677.20	Q4,677.20
			Q238,909.44

Fuente Elaboración propia y cotización.

Cuadro 148: Inversión del sistema de15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts y 17 paneles solares.

Sistema convencional AP, VS 100 W	Sistema AP , VS 100 W y Paneles Solares	Diferencia e inversión
Q128,174.64	Q238,909.44	Q110,734.80

Fuente: Elaboración propia y cotización.

Cuadro 149: Costo fijo mensual por mantenimiento de la operación del sistema de paneles solares.

Horas mensuales	7
Veces por mes	1
sueldo mensual	Q600.00
Costo anual	Q7,200

Fuente: Elaboración propia.

b. Condiciones de mercado.

Cuadro 150: Tasa de cambio promedio y tasa líder de interés.

Tasa de cambio	Q7.80
Tasa líder de interés	4.50%

Fuente: Banguat.

c. Escenarios.

Cuadro 151: Escenarios propuestos.

	Precio Q/ KWh	Caída de eficiencia anual
Escenario pesimista	1.5419	0.70%
Escenario base	1.6979	0.70%
Escenario optimista	1.8539	0.50%

Fuente: Factura usuario, CNEE

3. Resultados.

Cuadro 152: Resultados de lámparas de vapor de sodio y paneles solares.

	Pesimista	Base	Optimista
VPN	(Q55,054.77)	(Q34,820.98)	(Q13,820.17)
TIR	-2%	1%	3%
Tiempo de recuperación	No se recupera	No se recupera	No se recupera

Fuente: Elaboración propia.

AA. Implementar 30 lámparas tipo LED de 30 watts. (Propuesta B)

Implementar 30 lámparas LED de 30 watts, sin considerar el sistema de paneles fotovoltaicos.

1. Metodología.

a. Análisis financiero.

1) Inversión y costos totales.

Cuadro 153: Inversión del sistema de 30 lámparas LED de 30 watts.

Sistema lámparas LED de 30 watts			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	Total
Postes de concreto	30	Q4,677.20	Q140,316.00
Lámpara con canasta	30	Q477.95	Q14,338.37
Brazo galvanizado para lámpara	30	Q71.40	Q2,142.10
Cableado triplex 6 aluminio (metros)	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	30	Q2,200.00	Q66,000.00
			Q230,019.50

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 154: Inversión de sistema de 30 lámparas LED de 30 watts.

Sistema convencional AP, VAP 100 W	Sistema lámparas LED 30 W	Diferencia e inversión
Q128,174.64	Q230,019.50	Q101,844.86

Fuente: Elaboración propia.

b. Condiciones de mercado.

Cuadro 155:6 Tasa de cambio promedio y tasa líder de interés.

Tasa de cambio	Q7.80
Tasa líder de interés	4.50%

Fuente: Banguat.

c. Escenarios.

Cuadro 156: Escenarios asumidos.

	Precio Q/ KWh	Caída de eficiencia anual
Escenario pesimista	1.5419	0.70%
Escenario base	1.6979	0.70%
Escenario optimista	1.8539	0.50%

Fuente: Factura usuario, CNEE.

2. Resultados.

Cuadro 157:7 Resultado financiero de 30 lámparas de LED de 30 watts.

	Pesimista	Base	Optimista
VPN	(Q38,042.06)	(Q30,205.43)	(Q22,071.73)
TIR	0%	2%	2%
Tiempo de recuperación	No se recupera	No se recupera	No se recupera

Fuente: Elaboración propia.

BB. Implementar 15 lámparas tipo LED de 80 watts. (Propuesta C)

1. Metodología. Implementar 15 lámparas LED de 80 watts, que cumplen con las características de iluminación según proveedor y fabricante, para sustituir a las lámparas de vapor de sodio de 100 watts. Éstas poseen aproximadamente un radio de iluminación de 15 metros; por lo que cubren los 450 metros lineales propuestos. Estas se caracterizan por consumir menos energía eléctrica en operación.

a. Características técnicas y de operación.

Cuadro 158:8 Características técnicas de lámparas LED de 80 watts.

Cuadro de lámparas LED 80 watts	
Tipo de lámpara	LED
Consumo (watts)	80
Temperatura de iluminación (K)	5500
Eficacia lumínica nominal a 25 C (Lm/W)	99.75
Tiempo de vida (horas)	40,000
Voltaje de operación (voltios)	100/240
Flujo luminoso a 25 grados celsius (lúmenes)	7980

Fuente: Empresa D.

Cuadro 159: Consumo de energía en KWh de 15 lámparas LED de 80 watts en “Condado Santa Elena”.

Mes	Días / mes	Salida del sol promedio	Puesta del sol promedio	Horas de operación	Consumo	Pérdidas KWh/ mes	Consumo KWh/mes
enero	31	6.45	15.73	9.28	345.2	66.6	411.84
febrero	28	6.5	18	11.5	386.4	74.6	460.98
marzo	31	6.31	18.16	11.85	440.8	85.1	525.90
abril	30	5.96	18.23	12.27	441.7	85.3	526.97
mayo	31	5.66	18.31	12.65	470.6	90.8	561.40
junio	30	5.53	18.46	12.93	465.5	89.8	555.32
julio	31	5.61	18.58	12.97	482.5	93.1	575.60
agosto	30	5.75	18.51	12.76	459.4	88.7	548.02
septiembre	31	5.83	18.23	12.4	461.3	89.0	550.31
octubre	30	5.86	15.85	9.99	359.6	69.4	429.05
noviembre	31	5.96	15.56	9.6	357.1	68.9	426.04
diciembre	30	6.18	15.51	9.33	335.9	64.8	400.70
			Promedio(h)	11.5	consumo	KWh/año	5972.14

Fuente: Elaboración propia.

1) Ahorro energético por 15 lámparas LED de 80 watts. Anualmente el ahorro energético de las lámparas LED de 80 watts, se obtuvo por medio de la diferencia de consumo energético, de las lámparas de vapor de sodio de 100 watts.

$$\text{Ahorro de LED 80 watts} = 7465.17\ \frac{\text{KWh}}{\text{anual VS}} - 5972.14\ \frac{\text{KWh}}{\text{anual LED}} \cong 1493.03\ \frac{\text{KWh}}{\text{anual}}$$

2) Análisis financiero.

a) Costos e inversión total.

Cuadro 160: Costos de sistema de 15 lámparas LED de 80 watts.

Sistema lámparas LED de 80 watts			
Accesorio	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Postes de concreto	15	Q4,677.20	Q70,158.00
Lámpara con canasta	15	Q1,912.54	Q28,688.10
Brazo galvanizado	15	Q161.04	Q2,415.60
Cableado triplex 6 aluminio	1350	Q5.35	Q7,223.04
Precio de instalación por poste	15	Q2,200.00	Q33,000.00
			Q141,484.74

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 161:9 Inversión de sistema de 15 lámparas LED de 80 watts.

Sistema convencional AP, VAP 100 W	Sistema lámparas LED 80 W	Diferencia e inversión
Q128,174.64	Q141,484.74	Q13,310.10

Fuente: Elaboración propia.

b) Condiciones de mercado.

Cuadro 162: Condiciones de mercado.

Tasa de cambio	Q7.80
Tasa líder de interés	4.50%

Fuente: Banguat.

c) Escenarios

Cuadro 163: Escenarios para sistema de lámparas LED de 80 watts.

	Precio Q/ KWh	Caída de eficiencia anual
Escenario pesimista	1.5419	0.70%
Escenario base	1.6979	0.70%
Escenario optimista	1.8539	0.50%

Fuete: Elaboración propia.

2. Resultados.

Cuadro 164: Resultados para sistema de 15 lámparas LED de 80 watts.

	Pesimista	Base	Optimista
VPN	Q1,435.24	Q1,278.49	Q798.35
TIR	16%	18%	20%
Tiempo de recuperación	8 años	7 años	6 años
Total recuperado por ahorro energético en 25 años (VPN)	Q212,948.53	Q258,732.41	Q328,794.39

Fuente: Elaboración propia.

CC. Impacto ambiental de 15 lámparas LED de 80 watts.

1. Metodología. Debido a que este sistema presenta la mayor rentabilidad, es necesario calcular el impacto ambiental durante el período de 25 años, como se realizó anteriormente en el presente trabajo.

2. Resultados.

Cuadro 165: Impacto ambiental para sistema de 15 lámparas LED de 80 watts.

	Energía GJ equivalente en reducción emisiones CO_2	Carbón 0.0946 ton CO_2/GJ	Gas natural 0.0561 tons CO_2/GJ	Aceite combustible 0.0774 tons CO_2/GJ	Diésel 0.0741CO2 ton/GJ	Propano 0.0631 ton CO_2/GJ
Tiempo	25 años	25 años	25 años	25 años	25 años	25 años
Total en toneladas	128.18	12.13	7.19	9.92	9.50	8.09

Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis impacto ambiental de 15 lámparas led de 80 watts. Se concluyó que por la energía ahorrada durante el período de 25 años, se reducirían 12.13 toneladas de CO_2 si se hubiera utilizado carbón mineral, para generación de esta energía. Se determinó que se reducirían 7.19 toneladas de CO_2, si se hubiera quemado gas natural, 9.92 toneladas de CO_2 se reducirían si se quemara aceite combustible, 9.5 toneladas de CO_2 si se hubiera quemado diésel, para generar la energía ahorrada, y 8.09 toneladas de CO_2 si se hubiera quemado gas propano, para la generación de la energía ahorrada, durante 25 años. La cantidad de energía ahorrada total durante 25 años es de 128.18 GJ o su equivalente 35.6 MWh.

4. Análisis financiero. En el análisis financiero para las siguientes propuestas, los costos por mantenimiento del servicio de alumbrado público como cambio de lámparas, cables *etc.*; no se consideran ya que por decreto de ley esto se cubre con la tasa municipal del 15%, que se cobra a cada usuario que utiliza el servicio eléctrico, en la factura mensual. Se consideraron los tres escenarios anteriormente. El período de recuperación de la inversión se evaluó en base a la vida útil de 25 años de los paneles solares, como parámetro de comparación.

- Propuesta A:

La propuesta "A" está conformada por 15 lámparas de vapor de sodio de 100 watts y un sistema de 17 paneles solares dimensionados según el consumo anual de las lámparas, considerando las pérdidas por ineficiencia. El sistema fotovoltaico ahorraría en energía 7,709.96 KWh anuales y con base a este ahorro en costo energético se calculó la tasa interna de retorno.

La inversión fuera del presupuesto es de Q 110,734.80. Se determinó utilizando el método de valor presente neto; una tasa interna de retorno del -2% en el escenario pesimista, con un saldo pendiente de Q55, 054.77, y la vida útil del proyecto de 25 años, ya habría concluido.

Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno del 1%, con un saldo pendiente de Q34, 820.98, y la vida útil del proyecto de 25 años, ya habría concluido. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del 3%, con un saldo pendiente de Q13, 820.17, y la vida del proyecto de 25 años, ya habría concluido. La inversión en los tres escenarios no es rentable, debido a que el costo por mantenimiento anual fijo es de Q 7,200 es alto y el ahorro en costo energético no es lo suficientemente alto como para justificar la inversión fuera del presupuesto.

- Propuesta B:

La propuesta "B" está conformada por 30 lámparas de 30 watts de consumo cada una. Se determinó que estas lámparas ahorrarían en energía 2,986.1 KWh anuales y en base a este ahorro en costo energético se calculó la tasa interna de retorno de la inversión. La inversión fuera del presupuesto es de Q 101,844.86. Se determinó utilizando el método de valor presente neto; una tasa interna de retorno del 0% en el escenario pesimista, con un saldo pendiente de Q38, 042.06, en un periodo de 25 años.

Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno del 2%, con un saldo pendiente de Q30, 205.43, en un periodo de 25 años. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del 2%, con un saldo pendiente Q22, 071.73, en un periodo de 25 años. La inversión en los tres escenarios no es rentable, debido a que el costo por mantenimiento anual fijo es de Q 7,200 es alto y el ahorro en costo energético no es lo suficientemente alto como para justificar la inversión fuera del presupuesto.

Propuesta C:

La propuesta "C" está conformada por 15 lámparas de 80 watts de consumo cada una. Se determinó que estas lámparas ahorrarían en energía 1,493.03 KWh anuales y en base a este ahorro en costo energético se calculó la tasa interna de retorno de la inversión. La inversión fuera del presupuesto es de Q13, 310.10. Se determinó utilizando el método de valor presente neto; una tasa interna de retorno del 16% en el escenario pesimista, con un total de ahorro por costo energético de Q212, 948.53, en un periodo de 25 años. La inversión se recupera en 8 años.

Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno del 18%, con un total de ahorro por costo energético de Q258, 732.41, en un periodo de 25 años. La inversión se recupera en 7 años. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del 20%, con un total de ahorro por costo energético de Q328, 794.39, en un periodo de 25 años. La inversión se recupera en 6 años. La inversión en los tres escenarios es rentable, debido a que el costo fuera del presupuesto es más bajo y el ahorro en costo energético es más alto; por lo que se justifica la inversión fuera del presupuesto. Además que no se necesita instalar más postes de concreto, porque las lámparas poseen una capacidad de iluminación de 7,890 lúmenes, con un radio de iluminación de 15 metros y poseen una eficiencia alta de 99.75 lm/W.

DD. Costo y retorno de la inversión para el parque eólico.

Al momento de hacer la inversión hay que tomar en cuenta, cuánto tiempo toma recuperar la inversión del proyecto y para empezar a saber si este proyecto es viable. Se determinó cuanta energía eléctrica podría producir el parque eólico y utilizando una factura del municipio de San Miguel Petapa se determinó a cuanto está actualmente el precio de la luz en los municipios aledaños. Teniendo estos datos se puedo determinar de cuanto seria la producción anual del parque eólico monetariamente, sabiendo esto se le descontó los costos de explotación del parque para saber la ganancia neta anual. Sabiendo cuanto quedara de ganancia anual se calculó en cuantos años se necesita para recuperar la inversión. Se tomó el precio de la luz a 1.64 Q/kwh.

Cuadro 166: Flujo de efectivo G90 a 100m.

Cuentas		Año 0	Año 1
Aerogeneradores (Q)		-313,774,856.07	
Equipos eléctricos (Q)		-520,205,682.43	
Obra civil (Q)		-374,327,898.47	
Infraestructura (Q)		-137,620,550.91	
Documentación (Q)		-265,222,325.71	
Operación y mantenimiento (Q)			-8,107,101.54
Alquiler de terrenos (Q)			0.00
Gestión y administración (Q)			-1,531,341.40
Seguros e impuestos (Q)			-1,801,578.12
Producción económica anual (Q)			171,174,237.55
Sumatoria del flujo de efectivo		-1,611,151,313.58	159,734,216.49
TIR=	7.64%		
Retorno de la inversión=	10.09	años	
Vida útil=	20	años	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 167: Flujo de efectivo G90 a 50m.

Cuentas		Año 0	Año 1
Aerogeneradores (Q)		-156,887,428.03	
Equipos eléctricos (Q)		-520,205,682.43	
Obra civil (Q)		-374,327,898.47	
Infraestructura (Q)		-137,620,550.91	
Documentación (Q)		-265,222,325.71	
Operación y mantenimiento (Q)			-8,107,101.54
Alquiler de terrenos (Q)			0.00
Gestión y administración (Q)			-1,531,341.40
Seguros e impuestos (Q)			-1,801,578.12
Producción económica anual (Q)			152,118,290.93
Sumatoria del flujo de efectivo		-1,454,263,885.55	140,678,269.86
TIR=	7.32%		
Retorno de la inversión=	10.34	años	
Vida útil=	20.00	años	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 168: Flujo de efectivo de una torre de G90 50m.

Cuentas		Año 0	Año 1
Aerogeneradores (Q)		-14,262,493.46	
Equipos eléctricos (Q)		-47,291,425.68	
Obra civil (Q)		-34,029,808.95	
Infraestructura (Q)		-12,510,959.17	
Documentación (Q)		-24,111,120.52	
Operación y mantenimiento (Q)			-737,009.23
Alquiler de terrenos (Q)			0.00
Gestión y administración (Q)			-139,212.85
Seguros e impuestos (Q)			-163,779.83
Producción económica anual (Q)			12,664,540.77
Sumatoria del flujo de efectivo		-132,205,807.78	11,624,538.86
TIR=	6.10%		
Retorno de la inversión	10.34	años	
Vida útil	20.00	años	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 169: Clasificación promedio del consumo de energía eléctrica.

Rango de consumo kW/h	No. de hogares	% de consumo
<50	936,000	41.53%
50-100	476,000	21.12%
100-300	603,000	26.75%
>300	238,907	10.60%
Total	2,253,907	100.00%

Fuente: Lima Claudia.

En este cuadro se puede observar que la mayoría de casas consumen menos de 50kW/h al mes y el mayor consumo es arriba de 300kW/h al mes el cual lo conforma la minoría de cosas.

X. PROPUESTAS VERDES Y CARRETERAS

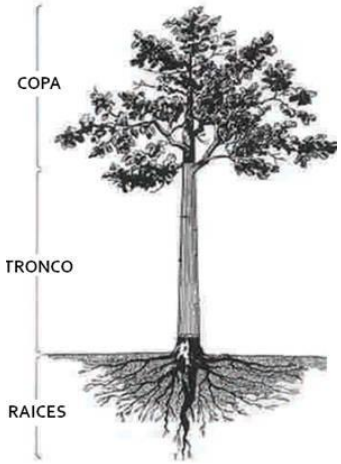
A. Marco teórico.

La madera es un polímero natural es unos de los elementos que más tiempo tienen de ser utilizados por el hombre para la construcción de viviendas y otro tipo de edificaciones hasta herramientas y elementos más simples (ECOLOCASAS, 2011).

1. Madera o xilema. La madera o xilema es el tejido leñoso del árbol que se divide entre albura, duramen y médula. La albura es el área más clara de la madera y está formada por las células más jóvenes. Es la zona más expuesta y es la que presenta menor resistencia a ataques biológicos. Es la parte activa de la madera, conduce gran cantidad de agua y sales en solución a lo largo de todas las partes del árbol. La zona de la albura es mayor cuando se tratan de árboles jóvenes, mientras el árbol es más viejo más pequeña es en relación entre su área al área del duramen (Universidad de la República de Uruguay, Facultad de ingeniería, 2010).

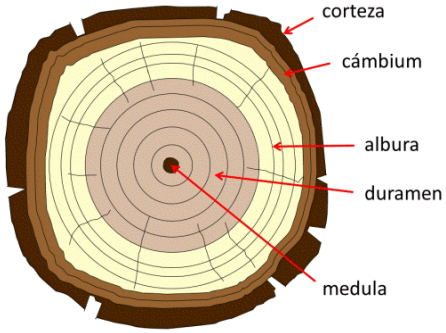
El duramen es la zona de la madera que adquiere un color más obscuro debido a la mezcla de sustancias de reservas que se mantienen en las células del duramen antes de su muerte. Esta es el área biológicamente inactiva de la madera y se encuentra entre la albura y la médula. El duramen es una estructura más compacta y posee menor cantidad de sustancias nutritivas por lo que resiste mejor a ataques biológicos, posee una mejor durabilidad y se impregna con mayor dificultad. El duramen es la razón por la cual al envejecer el árbol son los anillos más externos los que conduzcan el líquido (Universidad de la República de Uruguay, Facultad de ingeniería, 2010). La médula se encuentra en el centro del tronco. Es una zona muy débil debido a que está formada de células débiles o muertas. Según la especie, su diámetro puede variar entre menos de un milímetro a más de un centímetro (Universidad de la República de Uruguay, Facultad de ingeniería, 2010).

Ilustración 185: Partes del árbol.



Fuente: Corma.

Ilustración 186: Partes del tronco.

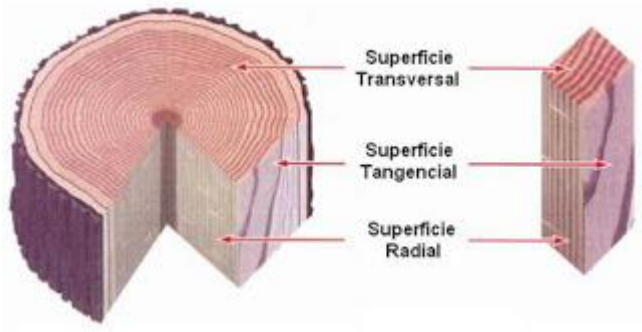


Fuente: GuentherLeanne.

a. Planos de corte de la madera. Como la madera es un material cuyas células se encuentran organizadas en diversas direcciones su aspecto y propiedades cambian dependiendo del plano que se esté observando. A razón de esta característica se han adoptado tres diferentes planos de corte a la madera.

- Corte transversal (x): perpendicular al eje del árbol.
- Corte radial (R): corte perpendicular a los añillos de crecimiento o paralelo a los radios.
- Corte tangencial: corte tangencial a los añillo de crecimiento o perpendicular a los radios. (Universidad de la República de Uruguay, Facultad de ingeniería, 2010)

Ilustración 187: Planos de corte de la madera.



Fuente: Navarro.

b. Propiedades de la madera. Es importante mencionar que las propiedades y características de la madera serán diferentes dependiendo de la especie y de desde que plano se está analizando.

1) Propiedades físicas.

- Anisotropía: es la propiedad de la madera que casi todas las propiedades serán diferentes dependiendo de la dirección básica anatómica que se esté analizando.
- Higroscopicidad: es la propiedad de la madera de absorber la humedad del medio ambiente. Esta propiedad depende de la madera y su punto de saturación.

- Densidad: mientras más leñoso sea la madera y mientras más juntas estén sus fibras tendrá menos espacios libres entre fibras, lo que hará a la madera más pesada y densa. La densidad se verá afectada también por la humedad de la madera la cual se puede clasificar según su densidad aparente entre pesadas, ligeras y muy ligeras.
- Hendibilidad: resistencia de la madera al esfuerzo trasversal antes de romperse al separar sus fibras. Las maderas con fibras largas, nudos o verdes son las más hendibles.
- Dureza: es la resistencia al desgaste, penetración, rayado, corte y otras deformaciones permanentes. La dureza al igual que muchas otras propiedades varía según la especie y dependiendo de la densidad de la madera se pueden clasificar como maderas duras, blandas y semiduras, dónde las más duras son las más densas. La madera del duramen es más dura que la de la albura.
- Flexibilidad: es la propiedad de poder deformarse sin romperse o fracturarse volviendo a su forma original. las maderas más jóvenes y verdes son más flexibles.
- Biológicas: al ser biodegradable la madera puede ser afectada por factores biológicos como insectos, hongos y enfermedades. La resistencia a los factores biológicos también cambian dependiendo de la madera (Tecnología de la madera, 2007).

2) Propiedades mecánicas.

- Tracción: la mejor resistencia a la tracción es en dirección paralela a sus fibras es menor en sentido perpendicular de ellas. Al fallar por tracción la falla se da de forma súbita.
- Compresión: esta resistencia se ve afectada tanto por la humedad de la madera y también depende del sentido del que se aplique. Mientras menor sea el grado de humedad la madera tendrá mayor resistencia a la compresión. En cuanto a la dirección será más resistente cuando la fuerza se aplica en dirección perpendicular a sus fibras y será menor cuando se aplica en paralelo a la dirección de las mismas.
- Flexión: cuando el esfuerzo se aplica en paralelo en dirección a las fibras y se crea un acortamiento de las fibras superiores y un alargamiento en las fibras inferiores.
- Elasticidad: el módulo de elasticidad de la madera varía dependiendo de varios factores como la humedad, la especie de la madera o la dirección del esfuerzo.
- Pandeo: al superarse la resistencia y al sufrir un esfuerzo de compresión en sentido de las fibras se genera una fuerza perpendicular a esta haciendo que se doble.
- Fatiga: su límite de fatiga se da por la tensión máxima que puede resistir la madera antes de romperse.
- Resistencia al corte: el corte de la madera únicamente ocurre en sentido de sus fibras debido a que en dirección perpendicular la resistencia es muy alta por lo que se rompería antes que ocurra el corte. (Tecnología de la madera, 2007)

c. Defectos en la madera. Los defectos en la madera es un factor que incide directamente en la resistencia y el comportamiento del material. Estos tipos de defectos se pueden separar dentro de los naturales, artificiales y deformaciones durante el secado.

Cuadro 170: Defectos en la madera.

Defectos naturales	Defectos artificiales	Deformación durante el secado
Son los defectos de la madera propiamente de las características del árbol. Y no van relacionadas si el árbol ha sido cortado o no. Ejemplos: Velocidad de crecimiento del árbol. Nudos. Desviaciones en las fibras. Crecimiento desviado del árbol. Acumulamiento de resina dentro de cavidades o entre anillos. Rajaduras o grietas.	Son los defectos que se provocan durante el aserrado de la madera. Ejemplos: Inclinación de las fibras por un mal aserrado. Descantillado o gemas. Fracturas o rajaduras a causas del aserrado. Agujeros debido a los nodos muertos que se desprenden.	Durante el secado las contracciones no se generan uniformemente provocando así deformaciones. Ejemplos: Alabeo, al ser secadas a la intemperie el sol y el viento influyen en la dirección de las fibras. Apanalamiento cuando el secado dentro del horno es demasiado rápido puede hacer que se formen hendiduras en dirección de las fibras.

Fuente: Ortiz, José. 2008

d. Ventajas y desventajas constructivas.

Ventajas:

- Arquitectónicamente la madera es un material estético, que brinda flexibilidad de diseño.
- Fácil de transportar, lo que le ayuda a la reducción de costos y emisión de huella de carbono.
- Eficiencia de trabajo debido a que el tiempo de construcción es más rápido.
- Métodos de conexiones sencillos.
- Debido a su bajo peso la estructura presenta una buena resistencia sísmica.
- Es un buen aislante acústico, térmico y eléctrico.
- La adaptabilidad de la madera hace que sea un material que se puede usar una gran variedad de condiciones.
- Puede llegar a tener un tiempo de vida útil largo.
- La realización de modificaciones o ampliaciones en madera se realizan de una manera más rápida y sencilla.

Desventajas:

- Se debe realizar una buena modulación de material para evitar tener muchos desperdicios de madera.
- La madera debe estar tratada para que aumente su vida útil y no sea afectada por agentes exteriores como la humedad, lluvia, hongos o insectos.
- Diferentes defectos naturales afectan la resistencia o durabilidad de la madera, por lo que se debe trabajar con madera de la mejor calidad.
- Presenta problemas para esconder las instalaciones hidráulicas y eléctricas, por lo que se debe de tomar en cuenta en el diseño.

De los elemento a considerar para implementar como complemento de una construcción verde están los paneles solares y los calentadores solares estos últimos son también paneles solares que utilizan la energía solar para uso térmico.

2. Paneles solares. Energía solar es aquella procedente del sol que llega, en forma de radiación electromagnética, a la tierra. El aprovechamiento de esta se refiere a la forma de tecnología la cual se utiliza para el explotación y utilización de la luz del sol o energía del sol, haciéndola utilizable.

Los paneles solares, también conocidos como módulos solares, son dispositivos, los cuales en su mayoría están compuestos de silicio, que hacen un mejor uso de la energía y radiación solar. Los paneles comprenden colectores solares, estos se encargan de aprovechar la energía de dos diferentes maneras:

- Energía solar térmica: esta energía sirve para la generación de agua caliente. Para la utilización de esta energía hay dispositivos que contienen una placa que recibe la radiación y la energía, estos son unos tipos de caños que permiten la circulación del agua en el cual se encuentra un depósito que almacena esta energía térmica. Luego, el agua ya caliente se distribuye mediante la cañería, lo cual se hace por medio de una bomba de agua.

- Energía solar fotovoltaica: esta es utilizada para la producción de electricidad <<Se denomina energía solar fotovoltaica a una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles o módulos fotovoltaicos que están formados por dispositivos semiconductores que, al recibir la radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos>> (Tanchez, Antonio. 2011).

Ilustración 188: Instalación de paneles solares.



Fuente: ERENOVABLE.

a. Ventajas y desventajas del uso de paneles solares.

Ventajas:

- Conservación saludable del medio ambiente, por medio de la utilización de la energía solar. Gracias a la generación natural de energía, ésta no contendrá ningún tipo de sustancias perjudiciales para la supervivencia, tanto de los humanos, como de los animales.
- Economía, a causa del aprovechamiento de la radiación, se obtendrá un ahorro de hasta 85% en la factura de electricidad. Se está hablando de un gran ahorro sólo con el hecho de cambiar calentadores de electricidad a calentadores de agua solar.
- La energía solar es sostenible y renovable.
- Los paneles solares requieren muy poco mantenimiento y esto es debido a que no tiene partes mecánicas, por lo que muy vez un dispositivo va a fallar.

Desventajas:

- La energía solar no se produce durante la noche. Se utiliza electricidad mientras no haya Sol.
- Los equipos pueden llegar a ser costosos, por lo que hay que hacer una gran inversión.
- Los paneles solares no son estéticos.
- Se requiere de un área extensa para la potencialización del dispositivo.

b. Tipos de paneles solares. Es muy importante conocer las diferencias y los tipos de paneles solares, debido a que cada uno de ellos tiene diferente función. Existen tres tipos:

1) Paneles solares térmicos. Este tipo de paneles funcionan de una forma más sencilla. Estos funcionan de la siguiente forma: los rayos de sol calientan los paneles, los cuales contienen un líquido que ayuda a la circulación desde el exterior hasta el interior. Generalmente se usan para calentar el agua.

Ilustración 189: Calentador solar.



Fuente:Zonastum.

Existen tres tipos de paneles solares térmicos:

- Colectores solares planos: en la actualidad es el tipo de panel más conocido y más común. Estos se encuentran compuestos por una cubierta de vidrio, una placa captadora la cual se encuentra aislada térmicamente y se encuentran adjuntos a una caja de metal.

Ilustración 190: A-Panel sin cubierta, B-Panel con cubierta.



Fuente:Zonastum.

- Colectores solares de vacío: estos tienen como objetivo y función reducir lo más que se pueda las dispersiones de calor, éste es captado por cada elemento el cual posteriormente es transferido a la placa. Ésta generalmente es de cobre y se encuentra dentro del tubo, para que de esta forma el líquido portador de calor se calienta y gracias al vacío se reduce al mínimo la dispersión de calor. En el interior de la cañería la presión de aire es extremadamente reducida, por lo que impide que el calor se extinga.

- Colectores solares de concentración: estos son paneles o colectores cóncavos con el fin de optimizar la concentración de la energía y radiación solar en un punto determinado en donde se halle una alta concentración de calor.

2) Paneles solares fotovoltaicos. Es un tipo de panel en el que la energía solar se trasmite por medio de materiales semiconductores, tales como el silicio. Esto permite que se separen del núcleo y puedan crear una corriente eléctrica. Los paneles solares fotovoltaicos está compuesto por celdas, células fotovoltaicas las cuales general electricidad a partir de la luz que incide en ellos. Existen tres tipos de célula fotovoltaica semiconductora:

- Silicio monocristalino: estructura cristalina completamente uniforme, con una eficiencia del 16%-19%.
- Silicio policristalino: estructura cristalina no uniforme con una eficiencia del 13%-15%.
- Silicio amorfo: no posee estructura cristalina, es el material más barato y su potencia disminuye en cuanto pasan los años. Su eficiencia es del 7-10%.

3) Paneles solares termodinámicos. Estos paneles son muy eficientes y más versátiles, esto es debido a su eficaz forma de absorber la energía, ya que la absorben tanto de la energía solar como de la lluvia, el viento, la luna, *etc*. Estos paneles son mucho más ligeros.

c. Instalación de paneles solares. Para tener paneles solares y aprovechar de una mejor forma la energía deben de tenerse en cuenta ciertos aspectos:

La superficie para los paneles solares debe ser amplia, puede ser en tejados, balcones, azoteas. Es importante que la superficie que se seleccione para la instalación de estos paneles, no cuente con ningún tipo de sombra de árbol o de otra casa, para así optimizar el uso de la energía. Cada generador posee dos elementos:

- Batería
- Paneles solares

Se pueden instalar en tres tipos diferentes de superficies:

- Instalación en los tejados de las casas: en el techo se pueden apoyar directamente los módulos, media vez sea de tejas, de lo contrario, se puede realizar en una azotea con una instalación de soporte.
- Instalación en grandes superficies: aquí se utilizan áreas más extensas y libres para instalar paneles, como por ejemplo jardines, campos, bosques, *etc.*
- Instalación en edificios: estos se instalan en el techo de los edificios para aprovechar la radiación directa, además el calentador solar es otro elemento que puede ser implementado.

d. Instalación de calentadores solares. La instalación de los calentadores solares se debe realizar de la siguiente forma:

- El colector del calentador solar, que es el que se encarga de recolectar la energía solar, deberá apuntar 15° hacia el sur para optimizar la radiación capturada.

- Es importante que el agua caliente haga un corto recorrido, esto se hace con el fin de evitar el enfriamiento del agua desde el calentador hacia donde se quiera utilizar. La conexión, entonces, deberá ir cerca de donde se tendrá mayor uso, por ejemplo una ducha, lavaplatos, *etc*.

e. Cómo funcionan los paneles solares. Los paneles solares poseen un semiconductor expuesto a la luz, un fotón de energía el cual remueve un electrón, este encuentra muy rápidamente un hueco para volver a llenarlo y la energía proporcionada por el fotón, se desperdicia. Los paneles poseen una placa receptora y tubos, en los cuales el líquido semiconductor circula. El receptor, se asegura la transformación de radiación solar en calor, pero el líquido es el que se encarga de transportar este calor hacia el almacenamiento general de calor.

3. Iluminación. Se define como la cantidad de luz que hay o que atraviesa un espacio. Se tiene dos tipos de iluminación: iluminación artificial y natural.

a. Iluminación artificial. Uno de los inventos más importantes fue la bombilla eléctrica. En la actualidad hay varios tipos de lámparas de las cuales se dan sus principales características.

1) Lámparas incandescentes. La lámpara incandescente fue la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica.

Características:

Crean luz artificial por medio de un efecto llamado Joule. Al pasar corriente por el conductor este se calienta debido a que es muy constante el choque entre electrones.

Ventajas:

- La luz es bastante cálida y agradable
- Poseen bajo precio en comparación con las otras bombillas.

Desventajas:

- Su eficiencia es extremadamente baja, debido a que únicamente el 15% de la energía consumida se convierte en luz. El otro 60% se convierte en radiación (luz ultravioleta e infrarroja) y el otro 25% se transforma en energía calorífica.
- Este tipo de iluminación es ya casi obsoleto.

Ilustración 191: Lámpara incandescente.



Fuente: Wordexpress.

2) Lámpara CLF (fluorescente compacta).

Características:

Este tipo de lámpara utiliza el plasma caliente y así convertirlo en luz UV. En comparación con las bombillas incandescentes la energía que utilizan es entre un 50% y un 80% menos.

Ventajas:

- Su eficiencia es mayor ya que utilizan 75% menos energía y producen 75% menos calor.
- Tiempo de vida es aproximadamente 10,000 horas.
- El precio de este tipo de bombillas es significativamente barato en comparación a las otras bombillas.

Desventajas:

- Alta toxicidad, por lo que si se desecha la bombilla de manera incorrecta podrá afectar ecológicamente al lugar en donde se encuentra.
- Es necesario el proceso de reciclamiento y así poder evitar la contaminación que los metales causan al medio ambiente.
- Causa interferencias de radio y electromagnéticas.

Ilustración 192: Lámpara CLF (fluorescente compacta).



Fuente: Regat, 2014

3) Lámparas LED. Lámparas LED son semiconductoras las cuales producen luz artificial, por medio de una corriente que atraviesa los componentes, esta electroluminiscencia se produce debido al diferencial de voltaje, la combinación entre electrones y protones que produce la liberación de energía en forma de fotones, de esta forma se va generando luz de forma más eficiente que la que generalmente se obtiene, debido a la conversión energética con menos pérdida en forma de calor (Mayén, Kristel, 2013).

Ventajas:

- Tiene hasta un 80% más eficiencia. Este tipo de iluminación consume menos electricidad que una bombilla común y corriente (generalmente incandescentes) las cuales convierten el 20% de la energía en luz.
- Poseen un bajo consumo energético ya que generan hasta un 90% en ahorros.
- Larga vida útil. La vida media de una lámpara LED es de 50,000 horas. Generalmente una bombilla estándar tiene una vida media de 2,000 horas.
- Son ecológicas debido a que no contienen mercurio, son reciclables de forma que protegen el medio ambiente.
- No emiten calor ya que no desperdician la energía.
- Bajo mantenimiento.

Desventajas:

- Poseen un alto costo en comparación con el resto. El costo varía de acuerdo al diseño y cantidad de voltios.
- Bajo diseño de calidad, estas lámparas han sido fabricadas bajo un estándar de calidad bajo.

Ilustración 193: Lámpara LED.



Fuente: Barrameda.

b. Iluminación natural. Iluminación natural es un tipo de iluminación sostenible. La iluminación sostenible es aquella que satisface las necesidades cualitativas del entorno visual con el menor impacto sobre el medio ambiente físico (De León, 2011). Este tipo de iluminación intenta utilizar recursos que no sean tan dañinos al medio ambiente.

Tipos de iluminación natural:

La iluminación natural se divide principalmente en dos tipos importantes:

- Iluminación directa: la luz entra directamente, ya sea por una ventana o por una abertura sin tener ningún obstáculo.
- Iluminación indirecta o iluminación difusa: es aquella que deja entrar la luz solar, con el objetivo de proteger la irradiación.

1) Luz directa. Se refiere a luz directa cuando los rayos del Sol se dirigen desde la fuente de luz hacia la superficie, en el caso que el rayo no interfiere de ninguna forma con algún obstáculo de la superficie se le considera iluminado. El uso de este tipo de iluminación depende grandemente de la orientación de las ventanas del edificio o casa, el uso de patios, pozos de luz, y otros tipos.

Ilustración 194: Iluminación directa.



Fuente: Grupo Espacios. Arquitectura en Guatemala.

2) Luz difusa. Es aquel tipo de luz que se dispersada de manera aleatoria que incide sobre una superficie irregular. La luz difusa puede conseguirse con la ayuda de materiales y elementos practicables, teniendo en cuenta la geometría del espacio, la arquitectura, la orientación de las ventanas y la intensidad de la luz.

Ilustración 195: Luz difusa.

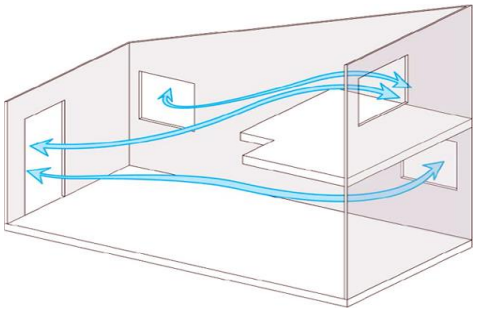


Fuente: Grupo Espacios. Arquitectura en Guatemala.

4. Ventilación cruzada. La ventilación cruzada es una forma de lograr una ventilación adecuada, por medio de aberturas las cuales se ubican estratégicamente, para que facilite tanto el ingreso como la salida del viento a través de los espacios interiores que se encuentran en las edificaciones. El fin de esto es que los vientos recorran los ambientes de las edificaciones, haciendo que estos sean más frescos y a su vez confortables. El buen uso de una ventilación cruzada incide en el ahorro energético y sostenibilidad de la edificación.

Se debe tener en cuenta la dirección de los vientos dominantes, ya que en esta ventilación se generan aberturas tanto en zonas altas como en zonas bajas de presión de viento. Es muy importante agregar que la ventilación cruzada es la forma más simple para una ventilación natural adecuada, siempre y cuando las condiciones del ambiente lo permitan. La ventilación cruzada tiende a ser más eficiente en ambientes con temperatura entre 30 y 34 grados centígrados y humedades relativas entre el 70 y 90%. El ambiente en Guatemala tiene una temperatura promedio anual entre 20 y 25 grados centígrados, con una humedad relativa entre 70 y 85%, según datos del INSIVUMEH, haciendo que la ventilación cruzada sea una buena opción a implementar para la mejora de los ambientes de edificaciones en nuestro país (Titus, 2012).

Ilustración 196: Diagrama de flujo de ventilación cruzada.



Fuente: UC.

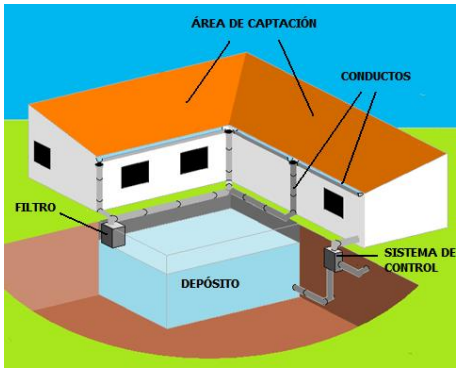
5. Ahorro de agua. El agua es vital para todo ser vivo, por lo tanto es importante hacer buen uso de ella, y por lo mismo es parte vital en una casa verde.

a. Recolección de agua. Se habla de recolección de agua se refiere a la acción y práctica de recolección y utilización del agua de lluvia (también llamada agua pluvial) la cual es recaudada desde las superficies duras, tales como techos y suelos. Éstas son almacenadas en un depósito para ser utilizadas cuando sea necesario. El agua pluvial se mueve por medio de tuberías hacia estos depósitos, sin embargo, es necesario mencionar que esta agua no es apta para el consumo humano, a no ser que esta se purifique. El agua recolectada puede entonces ser utilizada con facilidad en inodoros, sistemas de riego, para lavandería, limpieza de exteriores, *etc*.

1) Elementos de un sistema de distribución de aguas pluviales.

- Área de colección: superficie de la cual se puede reunir las aguas pluviales. Se sugiere que, para mayor efectividad, la superficie sea lisa e impermeable, lo cual facilitará la recolección del agua.
- Sistema de conducción: son canales que conducen el agua a un lugar específico como un depósito. Entre los más utilizados se encuentran los canales de desagüe de los techos, ya que de forma natural por la gravedad, se provee la fuerza necesaria para la dirección del agua hacia estos depósitos.
- Filtros: estos se utilizan para que la basura que acompaña al agua de lluvia, se separen de la misma. El objetivo de la filtración es que los tubos de riego y tuberías no se obstruyan.
- Almacenamiento: son los tanques, recipientes, depósitos en donde se recauda el agua pluvial y así utilizarla cuando sea necesario. Estos deben cumplir tres requisitos: Deben ser opacos, deben estar protegidos de la luz solar y deben estar tapados para proteger el agua de la contaminación como de hojas, basura, mosquitos, tierra, *etc*. Estos pueden ser desde 400 litros (si es solo para el jardín) hasta 5000 litros (si se utilizaría en toda la casa).

Ilustración 197: Recolección de agua pluvial.



Fuente: sitiosolar.

2) Ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Sistema independiente.
- Mantenimiento fácil.
- Reduce los costos de operación y mantenimiento de redes municipales.
- Aprovecha el agua de la lluvia, reduciendo la extracción de agua de fuentes naturales como ríos, mares, lagos, *etc*.

Desventajas:

- Los sistemas de necesitan mucho mantenimiento, ya que hay que mantener el techo y los canales completamente limpios.
- Debido a que la época de lluvia no es todo el año, en épocas secas se necesitaría otra fuente que proporcione agua.
- El agua de lluvia no es potable si no tiene su tratamiento requerido, por lo que no se puede consumir.
- El tanque necesita de volumen suficiente para el depósito de agua.

b. Métodos para purificar el agua. Si se utiliza el agua para el consumo humano, es necesario purificarla. A continuación se especificarán los seis diferentes métodos para la purificación del agua pluvial:

- Desinfección por ebullición: es necesario hervir el agua de 15 a 30 minutos para la eliminación de las bacterias. Las ventajas de este método es que es una forma económica y muy sencilla de realizar.
- Desinfección con cloro: la cloración es un método rápido y efectivo para la eliminación de bacterias en el agua. La cantidad de cloro siempre depende de la concentración del compuesto, generalmente tres gotas por litro son suficientes para la desinfección.
- Desinfección con plata iónica: se debe esperar 10 minutos después de añadirla al agua, aunque generalmente es mejor esperar el doble de lo sugerido, por lo que el tiempo de espera serían de 20 minutos.
- Filtros de cerámica: estos separan la materia sólida, como basura, hojas, tierra del agua. Esto se debe a que retiene partículas pequeñas.
- Filtro de carbón activado: este filtro posee agujeros tan pequeños que no pueden ser visibles a la vista, estos rompen moléculas contaminantes. Este es un método sumamente eficiente ya que elimina cualquier tipo de contaminante como cloro, el mal olor, tierra, lodo, *etc*. Así mismo retiene también contaminantes orgánicos.
- Purificación por ozono: el ozono es un gas muy efectivo debido a que descompone organismos vivos sin dejar residuos vivos.

6. Techos verdes. Una vegetación realizada sobre el techo de una casa o edificio, es llamada techo verde, éste puede estar cubierto de forma parcial o de forma total. El fin de estos techos ajardinados es aprovechar la energía, ahorrar la misma y mejorar el hábitat. Éste puede ser utilizado para cultivar, reducir el riesgo de inundaciones, filtrar contaminantes y el CO_2 del aire, proteger biodiversidad de zonas urbanas, *etc*. Es importante mencionar que estos sirven también para absorber radiación solar y así luego convertirla en calor.

Aparte de los techos verdes existen las paredes verdes. Las paredes verdes están diseñadas especialmente para que en ella crezcan diferentes tipos de plantas y enredaderas. El *francés Patrick Blanc* ha desarrollado un estilo que denomina "muro vegetal", con el que logra que una densa capa de vegetación crezca en cualquier superficie, incluso en el aire. Sus diseños incluyen formas y colores muy llamativos y únicos, gracias al uso de miles de plantas y una gran diversidad de especies vegetales (Melvin, 2009).

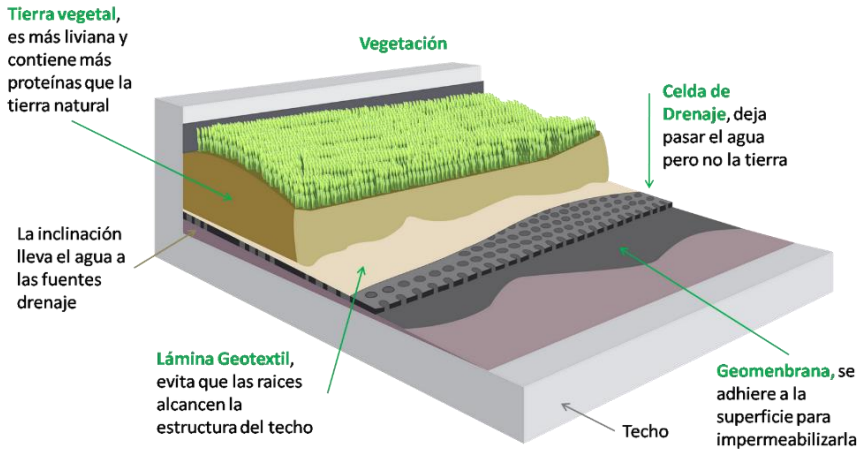
a. Tipos de techos verdes.

- Intensivos: son aquellos jardines de techo que requieren de mucho trabajo, cuidados, abonos, *etc*. Generalmente son de tipo parque, por lo que tienen un fácil acceso en el cual pueden incluir desde especias para la cocina como arbustos y plantas.
- Extensivos: este tipo de techo requieren una atención mínima, por lo que puede ser que de dos a tres veces al año necesiten aplicación de abono.

b. Partes del techo verde. Un techo verde funciona como un hábitat pequeño, un techo verde comprende de capas, seis son los componentes.

- Membrana impermeable: esta se encarga de detener el paso de agua y humedad a la parte estructural del edificio o casa.
- Barrera contra raíces: esta no permitirá el paso de las raíces.
- Capa de drenado: esta se encuentra compuesta por arena, tierra, abono y otros materiales de grano grande. Estos permitirán el fácil acceso del agua pero no de otros compuestos sólidos que pueden dañar.
- Capa de tela de filtración: esta capa es la que contiene la tierra y por lo tanto las raíces. Su fin es permitir el paso de agua para drenar.
- Material para crecimiento de plantas: generalmente esta es una mezcla nutritiva de tierra y compuestos orgánicos que benefician el crecimiento y funcionamiento de las plantas.
- Capa vegetal: esta es la capa superior compuesta por plantas, pastos, flores, árboles, arbustos *etc*.

Ilustración 198: Partes del techo verde.



Fuente: homepetskingdom.blogspot.com

c. Instalación para un techo verde. El costo de la instalación de un techo verde puede ser desde un 25 hasta un 50% mayor que el de un techo normal. Esto es debido a que requiere de aspectos importantes.

- Se necesita mayor capacidad de carga de la estructura, ya que soportará toda la vegetación, que el techo verde requiere. Además, necesita mecanismos de protección y desagüe.
- Se deberá invertir en la grama, en las plantas, abonos y todo lo necesario para el mantenimiento del techo verde.
- El costo de la instalación es alto debido a las capas diferentes que posee el techo verde.

d. Ventajas y desventajas de la instalación de un techo verde.

Ventajas:

- Estos techos verdes aportan hacia la filtración de los contaminantes que se generan por la actividad humana e industrial, los cuales están afectando directamente el calentamiento global.
- Se prolonga la vida útil de un techo, reduciendo y evitando el riesgo de las inundaciones.
- La utilización de los techos verdes claramente propone un desarrollo sostenible, esto se debe a que el fin de este tipo de techos es preservar lo mayor posible la naturaleza y la biodiversidad.
- Para el uso de calefacción y aire acondicionado los techos verdes son esenciales, debido a que estos funcionan como aislantes ahorrando energía.
- Se tiene un lugar ecológico en el hogar, al cual se puede tener acceso y así poder hacer cosechas.
- En caso que llegara a haber un incendio, debido a que el techo verde es bastante húmedo, este evitará que el fuego se esparza.

- Los techos verdes ayudan a la reducción de energía, por ende a su consumo, por lo que estos techos ayudarán a evitar la generación de los gases del efecto invernadero.

Desventajas:

- Muchas veces, si se desea un techo intensivo, será una instalación y un mantenimiento muy costoso.
- Si el techo verde no se hace de la manera adecuada, es decir, que no está bien instalado, puede ser que las raíces lleguen a penetrar en las paredes. Esto se puede deber a la retención de agua y a la mala instalación de una de las capas la cual se nombra "barrera contra raíces".
- Los techos verdes tienen mayores requisitos estructurales, porque tienen que soportar el peso del suelo y la vegetación.

e. Ejemplos de diseños de techos verdes. Techos verdes pueden tener distintos diseños y estilos, estos pueden depender de gustos, del factor económico, ubicación *etc*. La instalación de alguno de los jardines puede ser costosa. Aquí se muestran algunos ejemplos de tipos de diseños para estos techos verdes.

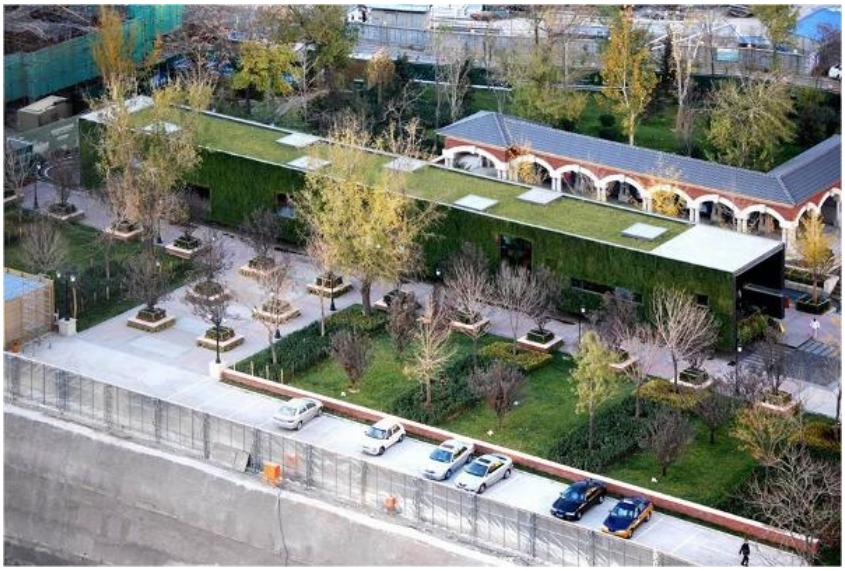
Ilustración 199: Ejemplo 1 techo verde.



Fuente: Un blog verde.

Stuttgart, Alemania, el gobierno fue un agente activo en la construcción de este techo en 1969. Alemania es el país el mayor número de techos verdes del mundo, aproximadamente el 10% son techos verdes.

Ilustración 200: Ejemplo 2 techo verde.



Fuente: Un blog verde.

China. Es uno de los techos más avanzados del mundo, debido a que es un tipo de laboratorio de tecnología verde.

Ilustración 201: Ejemplo 3 techo verde.



Fuente: Un blog verde.

España. Este es un diseño que fue construido con el fin de adaptarse e integrarse a la vegetación de alrededor.

Ilustración 202: Ejemplo 4 pared verde.



Fuente: Un blog verde.

Éste es un ejemplo de una pared verde en los Estados Unidos.

7. Huella ecológica. Antes de proceder a hablar sobre la huella de carbono, es necesario comprender el término "huella ecológica", pues éste fue el tema pionero que dio a luz a muchos de los temas del cambio climático de hoy día.

La huella ecológica mide la cantidad de agua y tierra biológicamente productiva necesaria para producir los recursos requeridos por un individuo o población para su consumo y para absorber sus residuos, utilizando la tecnología existente y prácticas de gestión de recursos (Ewing, 2008). Esta huella toma en cuenta únicamente las superficies útiles para el uso humano, es decir, excluye partes de la tierra como polos o desiertos.

Para la huella ecológica se analiza el uso humano de la superficie ya que de este modo: 1) se muestra que nuestro planeta es finito; 2) la superficie es un buen índice para las diferentes funciones que mantienen la vida en la Tierra; 3) en ella están los fotosintetizadores que captan y transforman la energía solar, poniéndola a disposición del resto de seres vivos (Carballo, *et al*, 2008).

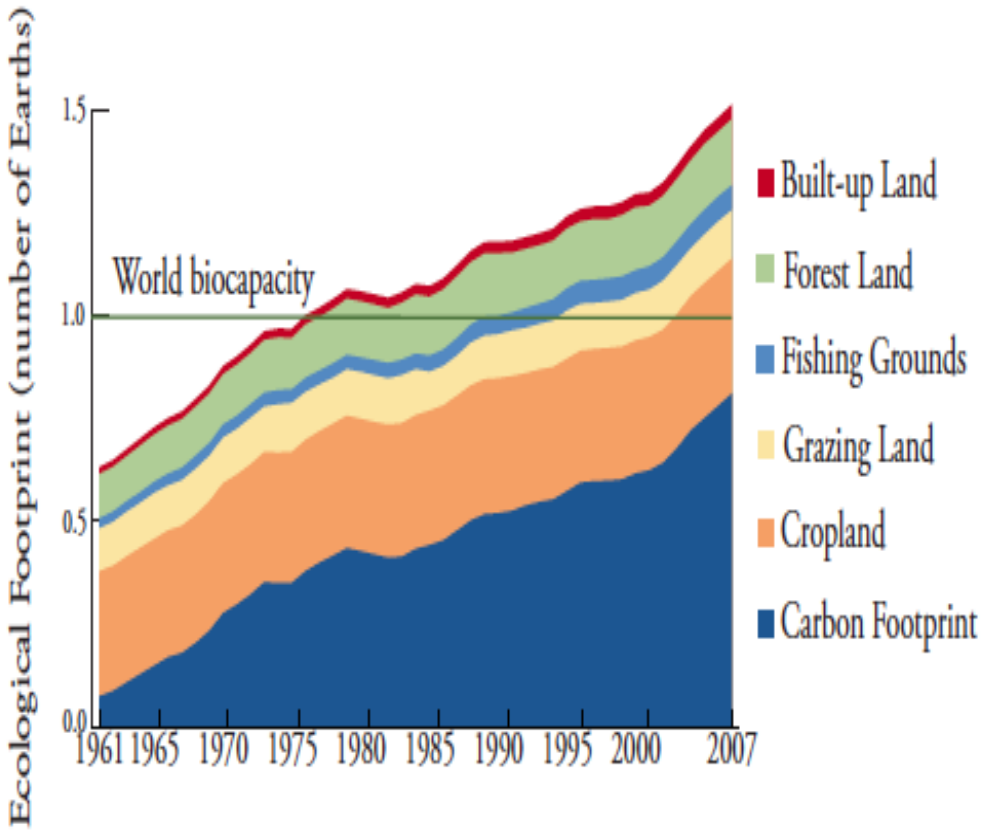
La huella ecológica es dividida en subhuellas. Según el artículo *La huella ecológica corporativa: concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia*, en la mayoría de estudios se emplean las siguientes seis subhuellas:

- Cultivos: donde se realizan actividades agrícolas, suministrando productos alimenticios.
- Pastos: de donde se obtienen determinados productos animales como carne, leche, cuero y lana.
- Bosques: de donde se obtienen principalmente productos derivados de la madera.
- Mar: superficie marítima aprovechada para obtener mariscos.
- Superficie construida: área ocupada por edificios.

- Energía: área de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono (Carballo, *et al*, 2008).

Tomando todo esto en cuenta, la Global Footprint Network publicó en su informe *Ecological Footprint Atlas 2010* las siguientes ilustraciones respecto a la huella ecológica global.

Ilustración 203: Número de planetas Tierra necesarios para abastecer las necesidades humanas.



Fuente: Ecological Footprint Atlas.

En la ilustración se puede observar que para el año 2007, se necesitaba un planeta Tierra y la mitad de otro para lograr abastecer las necesidades de toda la población alrededor del mundo; lo cual es alarmante. Se puede observar, de igual manera, que la huella de carbono es el mayor contribuyente a que se obtengan estos resultados; por lo que es de suma importancia analizar la manera de reducirla.

8. Huella de carbono. El término "huella de carbono" se ha vuelto muy popular en los últimos años. Debido al cambio climático tan drástico que ha sufrido nuestro planeta, la demanda de los cálculos que se realizan para obtener resultados concretos de cuánto se contamina, ha incrementado considerablemente. Son numerosos los acercamientos que se han propuesto para proveer estimaciones, tales como rangos generados por calculadoras "online", análisis de ciclo de vida, métodos basados en el análisis entrada-salida

y otras más herramientas. Aunque el término se ha popularizado y se han utilizado los instrumentos mencionados, parece ser que no se encuentra una clara definición sobre lo que significa "huella de carbono" y todavía existe confusión sobre lo que en verdad quiere decir, lo que mide y las unidades de medida que se deben utilizar (Wiedman T. y Minx J. 2007). En casos más antiguos, a la huella de carbono se le conoce como la "huella ecológica". Básicamente se conoce que la huella de carbono representa a cierta cantidad de emisiones gaseosas que son relevantes para el cambio climático y se relacionan con la actividad humana. Pero este conocimiento parece ser vago en comparación con lo que se necesita saber, es decir, no hay un consenso en cómo medir o cuantificar una huella de carbono. El espectro de rangos de definiciones sobre emisiones directas de dióxido de carbono, el ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero y las unidades de medida, no están completamente claras. Surgen cuestiones alrededor de este tema, tales como si la huella de carbono incluye únicamente al dióxido de carbono o también a otras emisiones de gases de efecto invernadero, se tomarán o no en cuenta gases con potencial causa de efecto invernadero aunque no tengan carbono en sus moléculas, las medidas incluirán o no todas las fuentes de emisiones aunque no sean causadas por combustibles fósiles. Una cuestión muy importante que surge es si la medición de huella de carbono necesita incluir emisiones indirectas relacionadas con el proceso de producción o es suficiente tomar en cuenta únicamente las emisiones directas del producto o persona bajo consideración (Wiedman T. y Minx J. 2007). En pocas palabras, ¿debería la huella de carbono reflejar todos los impactos del ciclo de vida de bienes y servicios utilizados en la producción de algo? Si la respuesta es sí, ¿en qué momento se debería trazar un límite y cómo se pueden cuantificar los impactos?

Otro aspecto a considerar es que el término "huella" parece sugerir una unidad de medida basada en unidades de área. Muchas de estas cuestiones se han discutido, durante varios años, en disciplinas de economía ecológica y asesoramiento de ciclo de vida de los productos. Sin embargo, sigue faltando un consenso regulado en cuanto a la definición real de la huella de carbono (Wiedman T. y Minx J. 2007).

Normalmente la huella de carbono es definida como la cantidad de emisión de gases involucrados en el cambio climático debido a las actividades de producción o consumo de los seres humanos. Debido a que no existe regulación respecto al tema, algunos toman en cuenta únicamente las emisiones directas de Dióxido de Carbono y otros, más complejos, toman en cuenta el ciclo de vida completo de un producto incluyendo cualquier emisión de gases de efecto invernadero (Schnelder y Samaniego, 2010).

Para poder establecer una definición regulada y aceptada por todas las organizaciones mundiales, es necesario delimitar los parámetros o el alcance que el análisis de la huella tendrá. Es decir, cuáles son las emisiones que se van a considerar, hasta qué parte del proceso de manufactura se analizará; muchas son las consideraciones que se deben tomar, lo que dificulta la medición y regulación. Estas son algunas de las definiciones que la literatura sobre el tema ha brindado:

Cuadro 171: Definición de huella de carbono.

Fuente	Definición
BP (2007)	"Cantidad de dióxido de carbono emitido debido a nuestra actividad diaria"
British Sky Broadcasting (2006)	"La huella de carbono se calcula mediante medir las emisiones equivalentes de CO_2 desde sus premisas, cantidad de vehículos, viajes y desperdicios"
Carbon Trust (2006)	"Una metodología para estimar las emisiones totales de gases de efecto invernadero en equivalentes de carbono es tomar en cuenta todo el ciclo de vida de un producto desde la producción de la materia prima utilizada en la manufactura, hasta la entrega del producto terminado"
Energetics (2007)	"Es la total extensión de emisiones directas e indirectas de dióxido de carbono causadas por nuestras actividades diarias"
ETAP (2007)	"Es una medida del impacto que las actividades humanas ejercen sobre el ambiente en términos de cantidades de gases de efecto invernadero producidos, cuantificados en toneladas de dióxido de carbono"
Global Footprint Network (2007)	"Es la demanda sobre la biocapacidad requerida para segregar las emisiones de dióxido de carbono producidas por la combustión de combustibles fósiles"
Grub & Ellis (2007)	"En el caso de una organización de negocios, es la cantidad de dióxido de carbono emitido, directa o indirectamente, como resultado de sus operaciones diarias"
Paliamentary Office of Science and Technology (2006)	"Es la cantidad total de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, emitidos a lo largo de un ciclo de vida total de un proceso o producto. Se expresa en gramos de dióxido de carbono equivalente por kilowatt hora"

Fuente: Wiedman T. y Minx J.

Para propósitos investigativos y didácticos, se adoptará la definición propuesta en el reporte *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios* de Heloísa Schneider y Joseluls Samaniego, publicado en el año 2010. Ésta establece:

<<Es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente. Se refiere a la cantidad en toneladas o kilos de dióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos>> (Schneider y Samaniego, 2010).

Según el Greenhouse Gas Protocol (Protocolo de gases de efecto invernadero), se deben identificar las fuentes de emisiones de gases. El protocolo divide las fuentes en los siguientes ámbitos:

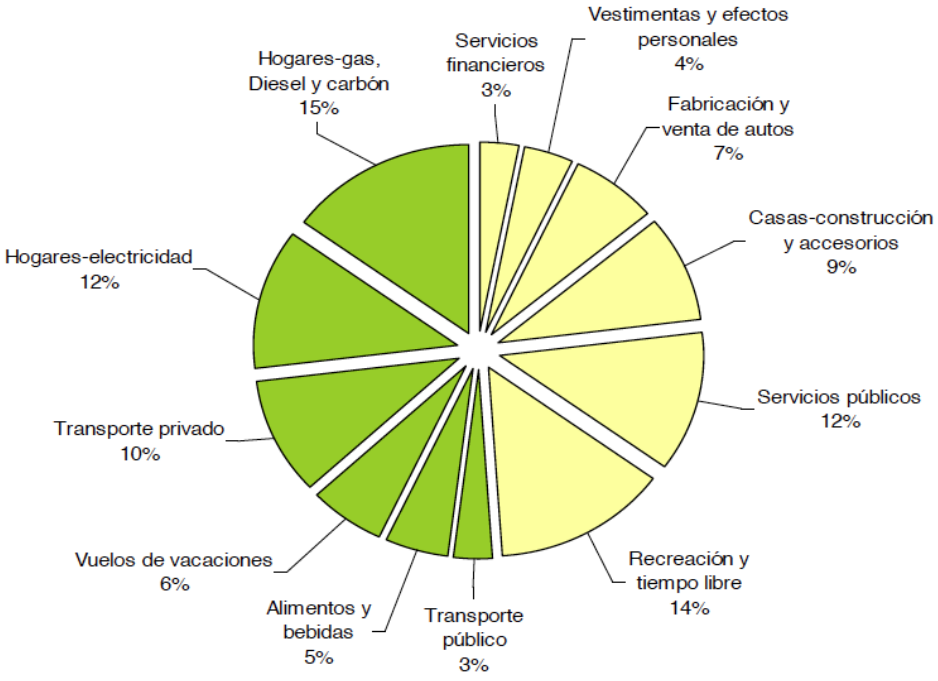
Ámbito 1: emisiones directas, quema de combustibles o procesos químicos.

Ámbito 2: emisiones indirectas, derivadas de terceros como el calor, disipación de energía, *etc*.

Ámbito 3: otras emisiones indirectas generadas por las actividades de la organización que ocurren fuera de esta, como los viajes por ejemplo.

Con intenciones de cuantificar qué factor es el más influyente dentro de la huella de carbono, el artículo publicado por Schneider y Samaniego ha proporcionado los porcentajes de los aspectos que intervienen en la generación de huella de carbono.

Ilustración 204: Principales componentes de la huella de carbono en un país desarrollado.



Fuente: Schneider y Samaniego.

9. Efecto invernadero. La atmósfera ha sufrido cambios importantes en su composición debido al rápido y constante aumento de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la ampliación de áreas destinadas hacia los cultivos. Desde la década de 1750, tiempo en el que inició la era industrial, la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha incrementado. Analizando muestras de hielo extraídas de los casquetes polares, los científicos han logrado estudiar la composición de la atmósfera y las condiciones climáticas del planeta de las últimas decenas de miles de años. Las investigaciones han concluido

que los gases de efecto invernadero se encuentran en la actualidad en concentraciones más altas que en los últimos 160,000 años (Baethgen y Martino, 2000)

La mayor parte de la energía solar que recibe la Tierra se absorbe y se convierte en calor. A su vez, una parte de ese calor es irradiada desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. En la atmósfera existen gases que tienen la capacidad de absorber calor (vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, ozono). De esta manera parte del calor que la Tierra transmite desde su superficie queda retenido en la atmósfera y resulta en un calentamiento de la propia atmósfera y de la superficie terrestre. Este mecanismo es el que se denomina efecto invernadero (Baethgen y Martino, 2000).

Para comprender mejor al efecto invernadero, es necesario tener el conocimiento sobre qué gases causan dicho efecto. Los gases que más contribuyen al calentamiento de la atmósfera son:

a. Dióxido de carbono (CO_2). Con el 65% de contribución al efecto invernadero, es el gas que más aporta a generar dicho efecto. Principalmente se emite debido al uso de carbón, petróleo, gas natural, para producir energía o para transportarse (Baethgen y Martino, 2000).

b. Metano (CH_4). Es el segundo en importancia en relación al efecto invernadero, con una contribución relativa del 20%. Las fuentes de emisión de este gas son la descomposición de basura, sistemas energéticos basados en petróleo y gas natural, la actividad agropecuaria, las minas de carbón y el tratamiento de aguas residuales, entre otros; aunque se han mencionado las más relevantes (Baethgen y Martino, 2000).

c. Óxido nitroso (N_2O). Contribuye al efecto invernadero en un 5%. Las emisiones de este gas provienen de los suelos de regiones agropecuarias (Baethgen y Martino, 2000).

10. Mercado de carbono. Para entender de qué se trata el mercado de carbono, es necesario comprender lo que sucedió en Kyoto en 1997. El Protocolo de Kyoto definió la arquitectura del mercado de carbono, estableciendo objetivos cuantificados de reducción de emisiones para los países desarrollados así como los mecanismos de mercado diseñados para aminorar el costo de su implementación.

El Protocolo de Kyoto es el instrumento más importante destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene el compromiso asumido por la mayoría de los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero, responsables del recalentamiento del planeta, en una medida de 5% (Peña y Bent, 2007).

Cabe mencionar que Guatemala se suscribió al Protocolo de Kyoto en 1998 (Wagner, 2001). Esto quiere decir que el país se comprometió a implementar las normas estipuladas para lograr una reducción considerable en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el Protocolo de Kyoto se establecieron tres tipos de mecanismos para reducir los niveles de GEI. Cada país debería analizar qué mecanismo es el más conveniente acorde a las capacidades del estado. Los mecanismos son los siguientes:

a. Implementación conjunta. Busca que los países desarrollados cooperen con otros países para llevar a cabo acciones que reduzcan y estabilicen los niveles de contaminantes causados por la emisión de GEI en la atmósfera. Una manera de hacerlo, es que cada país contribuya económicamente a financiar proyectos que persigan reducir las emisiones.

Ilustración 205: Implementación conjunta según tipo, cantidad y unidades de reducción de emisiones.

Tipo de proyectos IC	Proyectos		URE/año (000)		2012 URE (000)		URE Emitidos (000)	
	Cant.	Sobre total	Cant.	Sobre total	Cant.	Sobre total	Cant.	Sobre total
Fugitiva	36	15	21 396	27	99 532	28	0	0
Gas de vertederos	32	13	3 137	4	15 038	4	155	7
Energía de biomasa	27	11	2 123	3	10 458	3	100	5
Eólica	24	10	2 408	3	10 406	3	416	20
Óxido Nitroso, N2O	22	9	20 105	26	84 789	24	717	34
Carbón en cancha/metano de mina	18	8	9 683	12	48 405	14	651	31
EE en la oferta energética	15	6	3 652	5	14 702	4	0	0
EE industria	13	5	5 489	7	23 057	7	0	0
Hidro	12	5	992	1	4 221	1	12	1
Cambio de aceite fósil	10	4	2 113	3	10 392	3	0	0
Distribución de energía	8	3	705	1	3 503	1	0	0
Biogás	5	2	550	1	2 799	1	0	0
HFC	4	2	2 131	3	8 274	2	53	3
Cemento	4	2	881	1	2 974	1	0	0
EE generación propia	3	1	1 828	2	9 023	3	0	0
Geotérmica	2	1	60	0	590	0	0	0
PFC	1	0	233	0	1 165	0	0	0
Captura de CO_2	1	0	268	0	1 071	0	0	0
Forestación & Reforestación	1	0	82	0	410	0	0	0
EE doméstica	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	238	100	77 836	100	350 808	100	2 105	100
EE Eficiencia Energética								

Fuente: Schneider y Samaniego.

b. Mecanismo de desarrollo limpio. Busca que los países industrializados financien proyectos en países en vías de desarrollo cuyo objetivo es lograr la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. A cambio del financiamiento, los países reciben bonos que acreditan que sus acciones reducen los niveles de GEI.

Ilustración 206: Proyectos según tipo, cantidad y certificados de reducción de emisiones emitidos.

Tipo de proyectos MDL (excluidos los proyectos rechazados)	Cantidad proyectos MDL y CRE respectivos		kCRE emitidos
	Proyectos	1000 CRE	
Reforestación	4	129	
Agricultura	1	26	
Energía de biomasa	661	41 491	14 146
Cemento	29	5 725	1 203
Captura de CO_2	3	29	48
Carbón en cancha/metano de mina	67	29 986	1 834
Distribución Energía	9	2453	
EE Doméstica	21	945	
EE Industria	144	4.355	1 089
EE generación propia	453	60 883	12 935
EE Servicios	17	208	4
EE generación propia	63	19 959	389
Cambio de aceite fósil	110	41 355	3 138
Fugitiva	23	11 658	4 600
Geotérmica	15	3 433	654
HFC[8]	22	81 715	184 561
Hidro	1 264	136 615	12 081
Gas de vertederos	277	42 283	6 968
Evitar metano	529	25 322	5 231
N2O[9]	67	48 039	69 735
PFC y SF6[10]	14	3 967	
Reforestación	43	4 165	
Solar	38	691	1
Marea	1	315	
Transporte	12	1 059	201
Eólica	786	71 060	14 251
Total	4 673	637 866	333 069
EE Eficiencia Energética			

Fuente: Schneider y Samaniego.

c. Comercio de emisiones. Consiste en la fijación de un límite máximo de emisiones permitidas para un período de tiempo determinado. Por ejemplo, una empresa puede comprar un permiso con cierto límite de emisiones. Si al final del período en el cual el permiso está vigente, la empresa demuestra que sus emisiones son menores a las establecidas por su permiso, puede vender su sobrante de emisiones a otra

empresa que se excedió y de esta manera asegurar que las emisiones de GEI se mantienen dentro de los límites.

El mercado de carbono no es más que la transacción de reducciones certificadas de emisiones de dióxido de carbono. Algunos países industrializados o empresas que por sus actividades emiten grandes cantidades de CO2, financian proyectos de reducción de emisiones de GEI en un país en vías de desarrollo, que equivale a las toneladas de dióxido de carbono que generan. Por otro lado, también se puede comercializar con proyectos que ya están desarrollados, pero que contribuyen a capturar emisiones y las tienen certificadas; en este caso, dicha empresa puede vender sus reducciones.

Por ejemplo, si una empresa emite un millón de toneladas de dióxido de carbono, puede neutralizar sus emisiones protegiendo un bosque que absorba ese millón de toneladas o financiar proyectos que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI equivalente a las toneladas de CO2 que buscan neutralizar (Peña y Bent, 2007).

Para comercializar estas reducciones se deben presentar en la Chicago Climate Exchange (CCX) el cual es el único escenario en el continente americano en el que se pueden realizar transacciones de emisiones. Es parecido a una bolsa de valores, en donde lo que se intercambia son certificados de emisiones reducidas.

11. Metodologías para estimar mediciones. Diferentes organizaciones han propuesto modelos para contabilizar e informar los impactos de los gases de efecto invernadero en productos y servicios debido al interés por la competitividad. Los más importantes son patrocinados por los gobiernos y buscan facilitar la definición de estándares nacionales. Otras tienen por objetivo reducir las emisiones en los proceso productivos o se enfocan sólo en la entrega de información ambiental de mayor calidad a clientes y gobiernos. Países como Alemania, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido han logrado importantes avances en la definición y aplicación de metodologías orientadas al cálculo de la huella de carbono para incorporarla al etiquetado como un elemento más en el proceso de toma de decisiones. Además, estiman que contabilizar las emisiones permite a las empresas trabajar con sus proveedores para que éstos las reduzcan de igual forma (Schneider y Samaniego, 2010).

Las metodologías que existen hoy se dividen en tres tipos:

- Guías generales: normas que representan estándares de referencia para el cálculo de dióxido de carbono tales como normas ISO.
- Guías específicas: PAS 2050 o el Greenhouse Protocol para la contabilidad, cálculo y monitoreo de los gases de efecto invernadero.
- Herramientas de cálculo: para actividades específicas como el transporte o el comportamiento del consumidor (Schneider y Samaniego, 2010).

12. Factores de ton CO_2e/ton de material.

Cuadro 172: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de agregado.

Categoría	Material de construcción	Unidad de conversión o densidad	Ton CO_2 por tonelada de material
	Agregado reciclado	2.0 toneladas/m^3	0.005
	Cantera marítima	2.0 toneladas/m^3	0.008
	Asfalto, 4%	1.7 toneladas/m^3	0.066
	Asfalto, 5%	1.7 toneladas/m^3	0.071
	Asfalto, 6%	1.7 toneladas/m^3	0.076
	Asfalto, 7%	1.7 toneladas/m^3	0.081
	Asfalto, 8%	1.7 toneladas/m^3	0.086
	Bricks	1.9 toneladas/m^3	0.240
	Arcilla: general	1.9 toneladas/m^3	0.240
	Azulejo de arcilla	2.4 toneladas/m^3	0.480
	Arcilla DN 100 & DN 150	2.4 toneladas/m^3	0.460
	Arcilla DN 200 & DN 300	2.4 toneladas/m^3	0.500
	Arcilla DN 500	2.4 toneladas/m^3	0.550
	Cerámicos: general	1.9 toneladas/m^3	0.700
	Cerámicos: azulejos	2.2 toneladas/m^3	0.780
	Arena	1.2 toneladas/m^3	0.005
	Roca: general	2.0 toneladas/m^3	0.079
	Granito	2.9 toneladas/m^3	0.700
	Caliza	2.2 toneladas/m^3	0.090
	Arenizca	2.2 toneladas/m^3	0.060

Fuente: Environment Agency.

Cuadro 173: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de madera.

Madera	Madera: general.	0.5 toneladas/m^3	0.310
	Glulam	0.5 toneladas/m^3	0.420
	Tablero	26.0 kg/m^2*20mm	0.580
	MDF	14 kg/m^2*20mm	0.390
	Plywood	11 kg/m^2*20mm	0.450
	Madera reusada	1 tonelada/m^3	0.031

Fuente: Environment Agency.

Cuadro 174: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de metal.

Metales	Cobre	8.9 toneladas/m^3	2.71
	Cobre reusado	8.9 toneladas/m^3	0.27
	Hierro	7.87 toneladas/m^3	2.03
	Plomo	11.34 toneladas/m^3	1.67
	Acero	7.8 toneladas/m^3	1.46
	Acero estructural con contenido reciclado.	7.8 toneladas/m^3	0.72
	Acero general con contenido reciclado.	7.8 toneladas/m^3	1.45
	Acero inoxidable	8 toneladas/m^3	6.52
	Acero reusado	7.8 toneladas/m^3	0.15
	Aluminio en general	2.7 toneladas/m^3	9.16
	Aluminio extrusionado	2.7 toneladas/m^3	9.08
	Aluminio rolado	2.7 toneladas/m^3	9.18

Fuente: Environment Agency.

Cuadro 175: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de plásticos.

Plásticos	Plásticos: general.	1.38 toneladas/m^3	3.31
	Polietileno.	0.92 toneladas/m^3	2.54
	Polietileno de alta densidad.	0.96 toneladas/m^3	1.93
	Poliestileno expandido.	1.05 toneladas/m^3	3.29
	PVC: general.	1.38 toneladas/m^3	3.10
	Tubería de PVC.	1.41 toneladas/m^3	3.23

Fuente: Environment Agency.

Cuadro 176: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de vidrio.

Vidrio	Vidrio primario.	2.5 toneladas/m^3	0.91
	Vidrio secundario.	2.5 toneladas/m^3	0.59
	Fibra de vidrio.	0.0317 toneladas/m^3	1.63

Fuente: Environment Agency.

Cuadro 177: Factores de toneladas de CO_2 por tonelada de elementos hechos de cemento.

Block de concreto	Block - 8MPa	1.05 toneladas/m^3	0.06
	Block - 10 Mpa	1.15 toneladas/m^3	0.08
	Block - 12 Mpa	1.25 toneladas/m^3	0.09
	Block - 13 Mpa	1.35 toneladas/m^3	0.11
Cemento	Average CEM I Portland Cement, 94% Clinker	1.5 toneladas/m^3	0.95

Fuente: Environment Agency.

13. Certificaciones verdes internacionales.

a. BREEAM. Quiere decir método de asesoría medioambiental. Establece estándares que ayudan al desempeño medioambiental de un edificio. Provee a todo tipo de personas relacionadas a la construcción con diferentes aspectos como:

- Garantía sobre aplicar las mejores soluciones medioambientales a la edificación.
- Soluciones innovadoras que minimicen el impacto medioambiental.
- Estándares sostenibles.
- Herramienta para reducir costos operacionales.
- Estándares que demuestran las mejoras debido a optar por objetivos medioambientales (BREAM.org, 2011).

b. BUILT GREEN. El propósito principal de "Built Green Canadá" es promover y facilitar el uso de prácticas, tecnologías y productos en la construcción del sector residencial. Haciendo esto se logra:

- Eficiencia energética y reducir contaminación y desechos.
- Proveer mejor calidad de aire en interiores.
- Reducir el uso de agua.
- Preservar recursos naturales.
- Mejorar la durabilidad de la casa y reducir mantenimiento (Built Green Canadá, 2011).

c. CASBEE. Es una herramienta japonesa para el asesoramiento y la calificación del desempeño medioambiental de las construcciones.

d. DGNB. Se refiere al concejo alemán de construcción verde que promueve la protección del medio ambiente, salud y metas socioculturales. Posee estándares de alta calidad para el diseño y uso de edificios; pretende incrementar los efectos positivos en la sociedad y la naturaleza.

e. ENERGY STAR. Es un programa, perteneciente a la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos, que ayuda a negocios y personas individuales a ahorrar dinero y proteger nuestro medio ambiente mediante la eficiencia energética.

f. ESTIDAMA. Estidama quiere decir sostenibilidad en árabe. No desean ser únicamente un método de calificación verde, sino pretende alcanzar un nuevo estilo de vida sostenible en el mundo árabe.

g. GREEN GLOBE. Asesoramiento para el desempeño de la sostenibilidad del turismo. Es una guía con criterios a aplicar dirigida hacia los turistas.

h. BEAM PLUS. Es un sistema de calificación verde disponible para nuevas construcciones y construcciones existentes.

i. HQE. Es la certificación francesa de alta calidad medioambiental, la cual certifica construcción y administración, así como la planeación urbana.

j. NABERS. Es un sistema de certificación que mide el desempeño medioambiental de edificaciones australianas. Mide la eficiencia energética, el uso del agua, el manejo de residuos y la calidad de los interiores.

k. PASSIVHAUS. Proveen un alto nivel de confort para el ocupante mientras se utiliza muy poca energía para acondicionamiento de aire. Las casas están construidas bajo principios desarrollados por el Instituto Passivhaus en Alemania.

14. Concejo de construcción verde de Estados Unidos (USGBC). La visión del USGBC es que las <<construcciones y comunidades van a regenerar y sostener la salud y viabilidad de todo tipo de vida durante generaciones>>. La misión es <<transformar la manera en que las construcciones y comunidades son diseñadas, construidas y operadas, habilitando un entorno social y ambientalmente responsable, saludable y próspero, que mejore la calidad de vida>>. Debido a la visión y misión del USGBC se desarrolló el sistema de puntuación LEED.

LEED fue creada para proveer a las personas que diseñan, construyen y operan edificios, una organizada manera de definir y evaluar construcciones verdes. El consejo de construcción verde de Estados Unidos (USGBC) se plantea alcanzar las siguientes metas estratégicas:

- Ciudades y comunidades sostenibles: dirigir al sector de la construcción a participar en el movimiento para alcanzar ciudades y comunidades sostenibles.
- Clima y recursos naturales: liderar la reducción dramática y eventual eliminación de los cambios climáticos debido a la construcción.
- Mercado de construcción verde: acelerar la demanda y accesibilidad de construcciones verdes.
- Políticas: abogar por políticas y códigos para la construcción verde, que sean efectivas y comprensivas.
- Internacional: desarrollar capacidad de certificación alrededor del mundo mediante compartir el conocimiento y colaborando conjuntamente a generar prácticas y políticas para la construcción verde que sean apropiadas para la región.

15. Consejo de construcción verde de Guatemala (GGBC). El consejo de construcción sostenible de Guatemala es una organización no lucrativa. Sus objetivos son promover métodos de diseño y construcción que sean vistos como sostenibles. El consejo quiere incentivar y provocar una transformación en el mercado constructivo e inmobiliario de Guatemala para que los métodos de construcción sean económicamente factibles, amigables con el ambiente para que se pueda diseñar, construir y operar edificaciones apropiadas para el presente y de cara al futuro.

a. Certificación LEED. LEED, por sus siglas en inglés, quiere decir Liderazgo en Diseño Energético y Medioambiental. LEED está transformando la manera en que pensamos cómo están diseñadas, construidas, mantenidas y operadas las edificaciones y las comunidades alrededor del mundo. Las construcciones certificadas por LEED ahorran dinero y recursos y tienen un impacto positivo en la salud de sus ocupantes, mientras se promueve energía renovable y limpia.

LEED es un programa de certificación verde para construcciones que reconoce las mejores estrategias y prácticas durante la edificación. Para recibir la certificación, los proyectos ya deben satisfacer prerrequisitos y luego ganar puntos para alcanzar diferentes niveles de certificación. Los prerrequisitos y créditos difieren según el sistema de ranking, el cual es escogido por los profesionales según las circunstancias. Según la cantidad de puntos obtenidos, así será el grado de certificación que el proyecto tendrá. Los grados de certificación son los siguientes:

Ilustración 207: Grado de certificación de la obra acorde a los puntos obtenidos.



Fuente: Elaboración propia.

16. Sistemas de certificación. Existen diferentes tipos de sistemas que se pueden utilizar para certificar un proyecto. La clase de sistema que se va a utilizar dependerá del tipo de construcción que se va a realizar. Para propósitos de conocer más acerca del tema es necesario analizar brevemente los diferentes sistemas.

a. Diseño de edificio y construcción. Este sistema de certificación está dirigido hacia diferentes tipos de construcción:

- Construcción nueva y remodelaciones de gran escala.
- “Core and Shell”, se refiere a cuando el desarrollador controla únicamente el diseño y la construcción de la estructura, pero no controla el uso ni el diseño que se le vaya a dar por dentro.
- Escuelas, lo cual incluye campus universitarios.

- Ventas al detalle, comercialización masiva de productos o servicios.
- Centros de datos.
- Naves industriales o centros de distribución.
- Hoteles.
- Hospitales.

b. Diseño de interiores y construcción.

- Destinado para el uso en:
    - Interiores de comerciales.
    - Interiores en ventas al detalle, comercialización masiva de productos o servicios.
    - Hoteles y hospedaje de cualquier tipo.

c. Operación y mantenimiento. Este sistema de certificación está destinado a las edificaciones que desean que sus operaciones y mantenimiento vayan acorde a los estándares sostenibles de LEED. Va dirigido a:

- Edificaciones existentes.
- Ventas al detalle, comercialización masiva de productos o servicios.
- Escuelas o campus de educación superior.
- Hoteles y hospedaje de cualquier tipo.
- Centros de datos.
- Naves industriales o centros de distribución.

d. Desarrollo de vecindades. Aplica a terrenos vírgenes en donde se desee realizar proyectos de desarrollo que contengan usos residenciales, usos no residenciales, o una combinación de ambos. Los proyectos pueden ir en cualquier etapa del proceso de desarrollo, desde la planeación conceptual hasta la construcción.

e. Hogares. LEED para hogares está disponible para el diseño y la construcción de proyectos unifamiliares y multifamiliares hasta ocho niveles.

17. Definición de carreteras. <<Una carretera es una infraestructura del transporte especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad>> (Cárdenas Grisales, 2002).

Una definición más particular podría ser la del libro azul de caminos. Esta establece que una carretera es toda vía pública ubicada en zona rural abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás usuarios. Es aquella que permite transito permanente en todo tiempo (Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, 2000).

a. Diseño de carreteras. El diseño de carreteras consiste en verificar que determinados criterios para el diseño de carreteras hayan sido cumplidos, con el fin de evitar carreteras inseguras o de construcción deficientes. Para alcanzar este objetivo se deben evaluar los siguientes criterios:

- Parámetros y elementos básicos de diseño.
- Diseño geométrico.
- Hidrología y drenaje.
- Geología, suelos y diseño estructural de pavimentos.
- Topografía.
- Impacto ambiental.

b. Diseño geométrico. El diseño geométrico es <<el proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno>> (Chocontá Rojas, 1998).

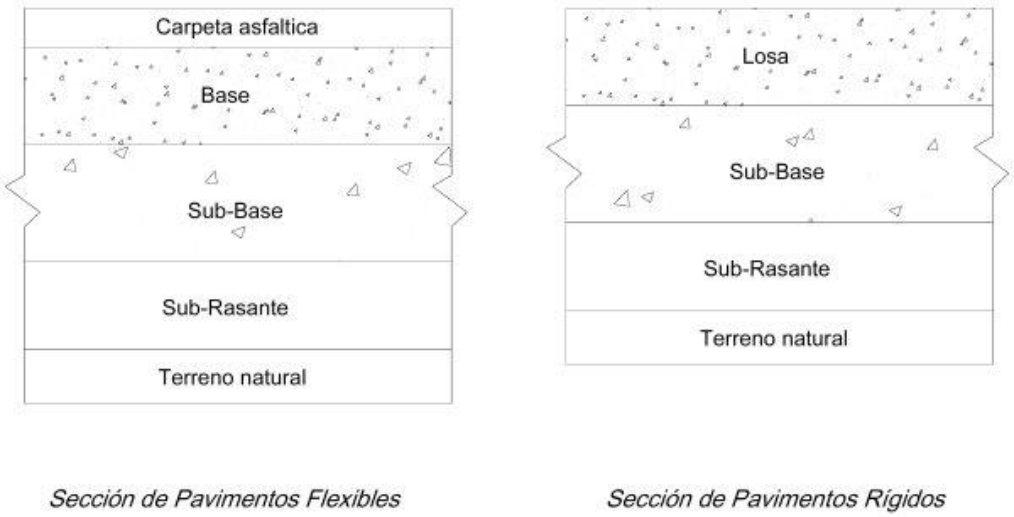
El diseño implica satisfacer al mismo tiempo las necesidades de seguridad, movilidad, armonía con el medio ambiente y preservación de los valores de las comunidades afectadas. Para lograrlo, resulta esencial que el equipo diseñador se involucre con el público general, que este último conozca las intenciones del proyecto; pero sobre todo, que los diseñadores conozcan las necesidades particulares de las comunidades, antes de intentar soluciones estandarizadas y centralizadas (Chocontá Rojas, 1998).

Es importante que el equipo diseñador tenga definidos los polos a desarrollar dentro del área para poder proponer un alineamiento que una dichos polos. Debido a la etapa en la que se encuentra el proyecto "Condado Santa Elena", este trabajo no incluye el desarrollo del diseño geométrico.

c. Diseño estructural de pavimento. El diseño de pavimentos consiste en diseñar una estructura de una o varias capas de materiales seleccionados que se colocan sobre la subrasante, diseñada, construida y mantenida de tal forma que sea resistente y durable, para proporcionar al usuario una superficie cómoda y segura.

Los métodos o técnicas más utilizados en Centroamérica, se refieren siempre a la guía de diseño de AASHTO, edición 1993, para los pavimentos asfálticos e hidráulicos. La utilización del método para determinar ejes equivalentes para el diseño de pavimentos, es usado en todos los países de la región Centroamericana (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002). Las estructuras más utilizadas son de pavimento flexible y pavimento rígido. A continuación se presentan secciones que describen en general las capas estructurales.

Ilustración 208: Sección de pavimentos flexibles y rígidos.

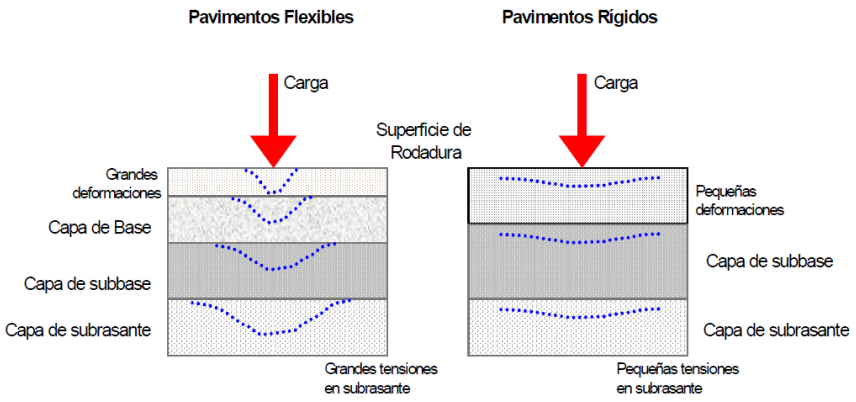


Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA.

1) Tipos de pavimentos. La capacidad de soporte de la subrasante en condiciones de servicio, junto con el tránsito, el período de diseño (vida útil) y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño del afirmado, que se colocará encima.

Las carreteras con superficie de rodadura pavimentada se dividen en pavimentos de adoquines de concreto, pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos. Sin embargo, el comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

Ilustración 209: Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.



Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menor rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en las capas subyacentes y por lo tanto en la subrasante (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

2) Elementos que integran el pavimento flexible.

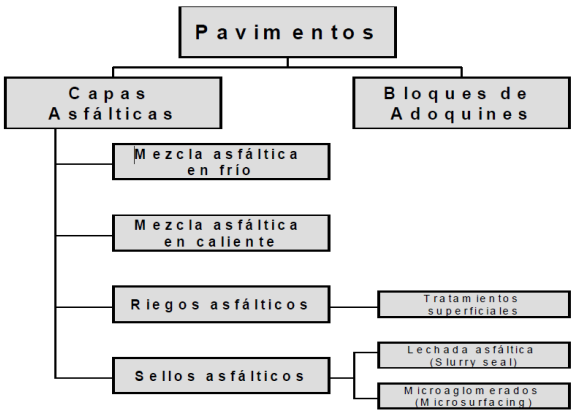
a) Sub-rasante. La subrasante es la capa de fundación (material existente INSITU) de una carretera sobre la cual se construye la estructura de pavimento. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

b) Sub-base. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

c) Base. Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

d) Superficie de rodadura. Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Las superficies de rodadura de los pavimentos flexibles se dividen según se muestra en la siguiente figura (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

Ilustración 210: Tipo de superficies de rodadura en pavimentos flexibles.



Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA.

3) Elementos que integran el pavimento rígido. El pavimento rígido está compuesto por elementos previamente indicados, como lo son la subrasante y subbase. Sin embargo, la superficie de rodadura está construida con concreto hidráulico, por lo que basa su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante. Por consiguiente, no se utiliza la capa base en pavimentos rígidos. Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos: concreto hidráulico simple, concreto hidráulico reforzado y concreto hidráulico reforzado continuo. La diferencia entre ellas es la ausencia o presencia de armadura y el espaciamiento o ausencia de juntas transversales (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

18. Estudios de la situación vial.

a. Clasificación de calles y carreteras. La clasificación es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables.

Los tipos de carreteras se clasifican por normas internacionales, pero en cada país, se han adoptado o modificado ciertas normas para acomodarlas a las condiciones de cada país. Las carreteras se pueden clasificar según su funcionalidad, el tipo de terreno, sus características, su recorrido, *etc*. (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

En Guatemala, según la función que cumplen se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro 178: Clasificación de carreteras en Guatemala.

Carretera	Orden	Denominación
Carreteras nacionales	De primer orden	A, B
Carreteras departamentales	De segundo orden	C
Carreteras municipales	De tercer orden	D, D1
Carreteras vecinales	De cuarto orden	E, E1

Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA 2002.

Es importante tener las carreteras clasificadas ya que permite la planificación integrada y sistemática, así como el desarrollo ordenado de los programas viales según las necesidades actuales y futuras.

b. Estudios de volúmenes de tránsito. Para analizar la situación vial existente también se debe de analizar la cantidad y tipo de tránsito que transita las vías. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito. Estos aforos o conteos se realizan con el objetivo de determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras. Se pueden efectuar aforos o censos de tránsito en el lugar de la construcción o en lugares próximos.

Para realizar un aforo vehicular se recomiendan seguir los siguientes pasos:

- Se definen tramos del proyecto en los que se estima una demanda homogénea en cada uno de ellos.
- Se establece una estación de estudio o conteo en un punto central del tramo, en un lugar que se considere seguro y con suficiente seguridad social.
- Se toma nota en una cartilla del número y tipo de vehículos que circulan en una y en la otra dirección, señalándose la hora aproximada en que pasó el vehículo por la estación.

En el campo se utiliza una cartilla previamente elaborada, que facilite el conteo, según la información que se recopila y las horas en que se realiza el conteo. De esta manera se totalizan los conteos por horas, por volúmenes, por clase de vehículos, por sentidos, *etc*. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

19. Evaluación de sub-rasante. La subrasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento.

a. Propiedades físicas-mecánicas de los suelos para subrasante. Estas propiedades de los suelos que constituyen la subrasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento. Las propiedades físicas se mantienen invariables aunque se sometan a tratamientos tales como homogenización, compactación, *etc*. Sin embargo, ambas propiedades cambian cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización, a través de procesos de mezclas con otro materiales (cemento, cal, puzolanas, *etc*.) o mezclas con químicos (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2002).

Para conocer las propiedades de los suelos en un proyecto es necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo (calicatas), posteriormente en el laboratorio se determinan sus propiedades:

- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Clasificación AASHTO M145.
- Valor soporte (CBR).
- Densidad (Proctor).

b. Toma de muestras. Para construcción de carreteras se deben tomar muestras de material no menores a un profundidad de 1.00 m en construcción de nuevos tramos carreteros, y para rehabilitación los últimos 0.20 m de la subrasante.

B. Resultados.

1. Iluminación y consumo eléctrico de casa verde. Esta propuesta de casa verde se pretende utilizar, calentador solar, iluminación LED, y paneles solares para la alimentación eléctrica. El enfoque de esta casa verde de madera, además del uso de un material verde de construcción se enfocó en el ahorro energético.

a. Análisis de distribución de iluminación. Anteriormente se contabiliza la cantidad de lámparas por ambiente, además se realiza un cálculo aproximado de las horas de consumo diario. Esto dará un resultado de total de horas consumidos por área.

Cuadro 179: Distribución de lámparas.

Área a iluminar	Cantidad de lámparas	Horas consumo diario	Total hrs. consumo por área
Carport	2	1	2
Sala	2	3	6
Pasillo sala	1	4	4
Comedor	1	4	4
Baño 1er nivel	1	1	1
Cocina	1	4	4
Gradas	1	2	2
Lavandería	1	1	1
Jardín	1	1	1
Dormitorio principal	1	3	3
Baño del dormitorio principal	1	1	1
Walking closet	1	1	1
Pasillo 2do. nivel	1	2	2
Sala familiar 2do. nivel	1	1	3
Dormitorio 1	1	3	3
Dormitorio 2	1	3	3
Baño 2do. nivel	1	1	1
Balcón	1	1	1
Total	20	37	43
Consumo promedio por día			2.15

Fuente: Elaboración propia.

b. Comparación de horas de vida y precio de los tipos de lámpara. El objetivo es hacer una comparación tanto de precio como de vida útil, agregándole además la potencia. Como se puede notar la lámpara LED, a pesar que su precio sea once veces mayor en comparación a la incandescente y casi el doble de la fluorescente, es la que más vida útil ofrece y además su consumo es menor.

Cuadro 180: Horas de vida y precio de lámparas.

Tipo de lámpara	Potencia equivalente (W)	Precio en Q	Vida útil (horas)
LED	5	45.00	50000
CFL (fluorescente compacta)	13	25.00	8000
Incandescente	75	4.00	1000

Fuente: Elaboración propia.

c. Comparación de costos según el tipo de lámpara. Se pretende comparar tanto los costos mensuales como anuales, de la iluminación de la vivienda. Se puede observar que el costo mensual y anual es menor en las lámparas LED. El costo anual con lámparas incandescentes es 876% mayor que el de LED.

Cuadro 181: Costos lámparas.

Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia equivalente (W)	Consumo por día (hrs) *	kWh/mes	Costo mensual	Costo anual
LED	20	5	43	6.45	Q 25.09	Q 301.08
CFL (fluorescente compacta)	20	13	43	16.77	Q 47.34	Q 568.08
Incandescente	20	75	43	96.75	Q 219.81	Q 2,637.72

*Consumo por día aproximado de todas las lámparas.

Fuente: Elaboración propia.

1) Comparación de gastos en 10 años. Este cuadro presenta un acumulado de lo que se pagaría por factura eléctrica en 10 años, aunque una inversión inicial de 11% más de lámparas LED, ésta se recupera en el primer año, ya que el consumo de incandescentes es elevado.

Cuadro 182: Costo a 10 años.

Año		Incandescente	CFL	LED
0	Inversión en 20 lámparas	Q 80.00	Q 500.00	Q 900.00
1	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
2	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
3	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
4	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
5	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
6	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
7	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
8	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
9	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
10	Gasto anual	Q 2,637.72	Q 568.08	Q 301.08
	Total	Q 26,457.20	Q 6,180.80	Q 3,910.80
Sobre costo comparado con lámparas LED		Q 22,546.40	Q 2,270.00	

Fuente: Elaboración propia.

d. Comparación de costos de toda la carga eléctrica conectada en la vivienda. En los cuadros del 183 a la 201, se presentan los distintos escenarios de carga eléctrica conectada en la vivienda y los costos por factura eléctrica de cada escenario. Los electrodomésticos con especificaciones ENERGY STAR se refiere a un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, lo cual tiene como objetivo el consumo eficiente de electricidad.

Cuadro 183: Escenario 1.

En este cuadro es el peor escenario de consumo de electricidad, donde se tiene calentador eléctrico y lámparas incandescentes.

Consumo de equipos: incluye calentador eléctrico y lámparas incandescentes 563.16 kWh

Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador EnergyStar	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa EnergyStar	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador eléctrico / de paso	1	8000	1.00	8.00	240.00
Iluminación bombillas incandescentes	20	75	2.15	3.23	96.75
Total					563.16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 184: Escenario 1, costo sin paneles solares.

En este cuadro se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, incluyendo lámparas incandescentes y calentador eléctrico, según el Cuadro 183 (escenario 1).

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas incandescentes

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	563.16	956.21
Total (sin IVA)			966.15
Total (con IVA)			1082.09
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			144.92
Total de cargos			1227.01

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 185: Escenario 1, costo con paneles solares.

En este cuadro se realiza una comparación de costo de energía con calentador eléctrico, lámparas incandescentes incluyendo paneles solares. Los 263.16 kWh de consumo sale de la diferencia de 563.16 (lo cual se encuentra en el Cuadro 184) y los 300 kWh que genera los paneles solares.

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas incandescentes y paneles solares

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	263.16	446.83
Total (sin IVA)			456.77
Total (con IVA)			511.58
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			68.52
Total de cargos			580.10

Fuente: Elaboración propia

En este escenario con solo el cambio a lámparas fluorescentes el consumo bajo de 563.16kWh que hay en el Cuadro 183 a 483.18 kWh.

Cuadro 186: Escenario 2

Consumo de equipos: incluye calentador eléctrico y lámparas CFL (fluorescente compacta)					483.18 kWh
Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador eléctrico / de paso	1	8000	1.00	8.00	240.00
Iluminación bombillas CFL	20	13	2.15	0.56	16.77
Total					483.18

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 187 se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, junto con lámparas fluorescentes, según el Cuadro 186 (Escenario 2)

Cuadro 187: Escenario 2, costo sin paneles solares.

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas CFL (fluorescente compacta).

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	483.18	820.41
Total (sin IVA)			830.35
Total (con IVA)			929.99
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			124.55
Total de cargos			1054.54

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 188 se calcula el costo de energía con calentador eléctrico, lámparas fluorescentes incluyendo paneles solares. Los 183.18 kWh de consumo proviene de la diferencia de 483.18 (lo cual se encuentra en el Cuadro 186) y los 300 kWh que genera los paneles solares y si lo comparamos con el Cuadro 187, tenemos una disminución del 62%.

Cuadro 188: Escenario 2, costo con paneles solares.

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas CFL (fluorescente compacta) con paneles.

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	183.18	311.03
Total (sin IVA)			320.97
Total (con IVA)			359.49
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			48.15
Total de cargos			407.63

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 189: Escenario 3.

Consumo de equipos: incluye calentador eléctrico y lámparas LED				472.86	kWh
Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador eléctrico / de paso	1	8000	1.00	8.00	240.00
Iluminación bombillas LED	20	5	2.15	0.22	6.45
Total					472.86

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 190 se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, junto con lámparas LED, según el Cuadro 189 (Escenario 3).

Cuadro 190: Escenario 3, costo sin paneles solares

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas LED			
Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	472.86	802.89
Total (sin IVA)			812.83
Total (con IVA)			910.36
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			121.92
Total de cargos			1032.29

Fuente: Elaboración propia.

Del Cuadro 191 se realiza una comparación de costo de energía con calentador eléctrico, lámparas fluorescentes incluyendo paneles solares con el Cuadro 190. Los 172.86 kWh de consumo proviene de la diferencia de 472.86, lo cual se encuentra en el Cuadro 189 y los 300 kWh que genera los paneles solares.

Cuadro 191: Escenario 3, costo con paneles solares.

Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas LED con paneles

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	172.86	293.51
Total (sin IVA)			303.45
Total (con IVA)			339.86
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			45.52
Total de cargos			385.38

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 192: Escenario 4.

Consumo de equipos: incluye calentador solar y lámparas incandescentes 353.16 kWh

Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador solar	1	1000	1.00	1.00	30.00
Iluminación bombillas incandescentes	20	75	2.15	3.23	96.75
Total					353.16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 193: Escenario 4, costo sin paneles solares.

En el Cuadro 193 se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, junto con lámparas incandescentes y calentador solar, según el Cuadro 192.

Costo de energía con calentador solar y lámparas incandescentes.

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	353.16	599.64
Total (sin IVA)			609.58
Total (con IVA)			682.73
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			91.44
Total de cargos			774.17

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 194 se realiza una comparación de costo de energía con calentador solar, lámparas incandescentes. Los 53.16 kWh de consumo proviene de la diferencia de 353.16, lo cual se encuentra en el Cuadro 192 y los 300 kWh que genera los paneles solares.

Cuadro 194: Escenario 4, costo con paneles solares.

Costo de energía con calentador solar y lámparas incandescentes con paneles solares.

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	53.16	90.26
Total (sin IVA)			100.20
Total (con IVA)			112.23
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			15.03
Total de cargos			127.26

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 195: Escenario 5.

Consumo de equipos: incluye calentador solar y lámparas fluorescentes 273.18 kWhr

Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador solar	1	1000	1.00	1.00	30.00
Iluminación bombillas CFL	20	13	2.15	0.56	16.77
Total					273.18

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 196 se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, junto con lámparas fluorescentes y calentador solar, según el Cuadro 195.

Cuadro 196: Escenario 5, costo sin paneles solares.

Costo de energía con calentador solar y lámparas CFL (fluorescente compacta)

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	273.18	463.84
Total (sin IVA)			473.78
Total (con IVA)			530.64
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			71.07
Total de cargos			601.70

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 197 se realiza una comparación de costo de energía con calentador solar, lámparas fluorescentes. En este caso solo se pagaría lo mínimo que se puede pagar a la empresa eléctrica, por estar conectado a ella, lo cual son 12.62. Lo demás lo generan los paneles solares.

Cuadro 197: Escenario 5, costo con paneles solares.

Costo de energía con calentador solar y lámparas CFL (fluorescente compacta)

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	0.00	0.00
Total (sin IVA)			9.94
Total (con IVA)			11.13
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			1.49
Total de cargos			12.62

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 198: Escenario 6.

Consumo de equipos: incluye calentador solar y lámparas.

LED 262.86 kWh

Descripción del equipo	Cantidad	Consumo en watts	Horas x día de uso	KWhr/día	KWh/mes
Estufa	1	1200	2.00	2.40	72.00
Refrigerador	1	61	24.00	1.46	43.92
Horno microondas	1	800	0.50	0.40	12.00
Horno tostador	1	800	0.20	0.16	4.80
Licuadora de alimentos	1	200	0.20	0.04	1.20
Cafetera	1	800	0.30	0.24	7.20
Lavadora de ropa	1	500	0.50	0.25	7.50
Secadora de ropa	1	1500	0.75	1.13	33.75
Plancha eléctrica	1	1000	0.30	0.30	9.00
Teléfono inalámbrico	1	25	2.00	0.05	1.50
Equipo de sonido	1	200	1.00	0.20	6.00
Televisor LED 50¨	1	62	3.00	0.19	5.58
Reproductor de DVD	1	5.9	0.10	0.00	0.02
Computadora portátil	2	100	2.00	0.40	12.00
Router de internet	1	12	24.00	0.29	8.64
Cargador de teléfonos celulares	3	4.83	3.00	0.04	1.30
Calentador solar	1	1000	1.00	1.00	30.00
Iluminación bombillas LED	20	5	2.15	0.22	6.45
Total					262.86

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 199 se hace el cálculo de lo que se debería de pagar a EGGSA, tendiendo el equipo conectado, junto con lámparas LED y calentador solar, según el Cuadro 198 (Escenario 6).

Cuadro 199: Escenario 6, costo sin paneles solares.

Costo de energía con calentador solar y lámparasLED

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (in IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	262.86	446.32
Total (sin IVA)			456.26
Total (con IVA)			511.01
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			68.44
Total de cargos			579.45

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 200 se realiza una comparación de costo de energía con calentador solar, lámparas LED. En este caso solo se pagaría lo mínimo que se puede pagar a la empresa eléctrica, por estar conectado a ella, lo cual son 12.62. Lo demás lo generan los paneles solares.

Cuadro 200: Escenario 6, costo con paneles solares.

Costo de energía con calentador solar y lámparas LED con paneles

Detalle de cargos	Precio Q	Consumo kWh	Importe Q
Cargo fijo (sin IVA)	9.94		9.94
Energía (sin IVA)	1.697928	0.00	0.00
Total (sin IVA)			9.94
Total (con IVA)			11.13
Tasa municipal (sin IVA 15% Villa Canales)			1.49
Total de cargos			12.62

Fuente: Elaboración propia.

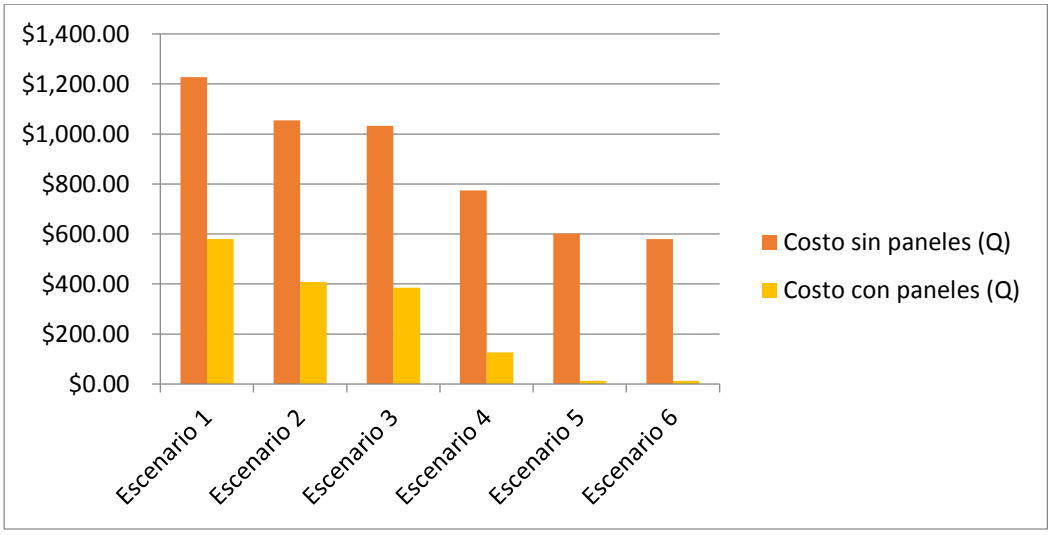
Cuadro 201: Resumen de comparación de escenarios.

Comparativo

Según tipo de equipo instalado	Consumo KWhr	EGGSA	Con paneles solares	
			Ahorro	EGGSA
Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas incandescentes.	563.16	Q 1,227.01	Q646.91	Q580.10
Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas CFL (fluorescente compacta)	483.18	Q 1,054.54	Q646.91	Q407.63
Costo de energía con calentador eléctrico y lámparas LED.	472.86	Q 1,032.29	Q646.91	Q385.38
Costo de energía con calentador solar y lámparas incandescentes.	353.16	Q 774.17	Q646.91	Q127.26
Costo de energía con calentador solar y lámparas CFL (fluorescente compacta)	273.18	Q 601.70	Q601.70	Q12.62
Costo de energía con calentador solar y lámparas LED.	262.86	Q 579.45	Q579.45	Q12.62

Fuente: Elaboración propia.

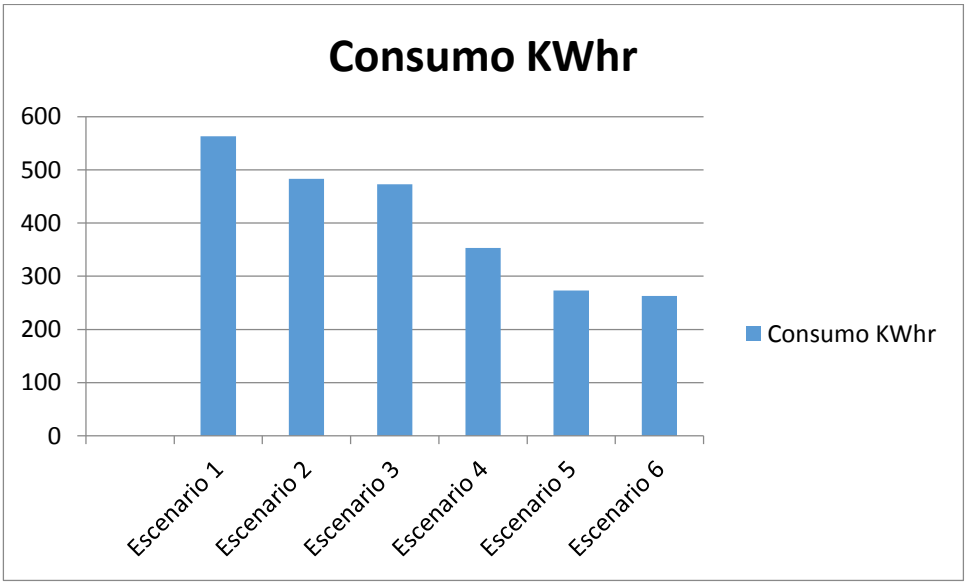
Ilustración 211: Comparativos en Q de escenarios.



Fuente: Elaboración propia.

En esta ilustración se compara el escenario 1 el cual no tiene ningún equipo ahorrador contra el escenario 6, en el cual tenemos calentador solar, luces LED y paneles solares, y cuando se pagaría de factura eléctrica en cada escenario.

Ilustración 212: Comparativos en kWh de escenarios.



Fuente: Elaboración propia.

Según este cuadro se puede comprobar el ahorro que se obtiene al producir energía eléctrica con paneles solares, el cual sería más eficiente si se tiene calentador solar y lámparas LED.

e. Comparación de costos de calentador de agua.

Cuadro 202: Costos calentadores de agua.

Tipo de calentador	Inversión	Potencia W	Uso diario (hrs)	KWh/día	KWh/mes	Costo mensual	Costo anual
Eléctrico	Q 2,000.00	8000	1	8	240	Q 520.80	Q 6,249.60
Solar	Q 14,490.00	1000	1	1	30	Q 65.10	Q 781.20

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el costo anual de utilización del calentador de agua es significativamente menor si es un calentador de energía solar.

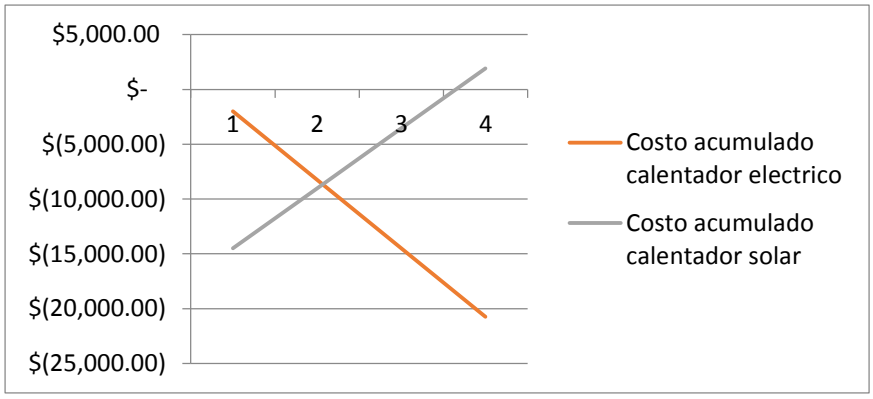
Cuadro 203: Comparación recuperación de la inversión.

Año	Calentador de agua eléctrico	Calentador de agua solar
0	Q (2,000.00)	Q (14,490.00)
1	Q (6,249.60)	Q 5,468.40
2	Q (6,249.60)	Q 5,468.40
3	Q (6,249.60)	Q 5,468.40
Total	Q (20,748.80)	Q 1,915.20

Fuente: Elaboración propia.

Según la datos del Cuadro 203, se tiene que en 3 años se recupera la inversión de un calentador solar, tomando en cuenta que dicho calentador tiene una vida útil de 15 años, quitando los 3 años de recuperación de inversión nos da un ahorro de Q65,000.00 aproximadamente.

Ilustración 213: Comparación de recuperación de inversión.



Fuente: Elaboración propia.

Según cotizaciones obtenidas, el costo de un calentador solar es de Q14, 490.00, y el de un calentador eléctrico es Q2000.00. A pesar de la diferencia de precios, la recuperación de la inversión es de tres años, ya que el consumo de un calentador eléctrico es alto. Mientras que el calentador solar es únicamente la inversión inicial.

f. Comparación de uso de todos los sistemas de ahorro de energía, paneles solares, calentador solar y luces LED. Según cotizaciones, diez paneles y calentadores solares con su respectiva instalación, tendría un costo de Q50,000 los cuales generarían una energía mensual aproximada de 300kWh, más el costo del calentador solar, el cual es de Q14,490.00, haciendo una inversión total de Q65,000.00 aproximadamente. A continuación se presentan el cuadro de la inversión total, suponiendo que se estarán utilizando junto con ellos lámparas LED. Del Cuadro 184 se obtiene el costo mensual de Q1227.01 cuando el escenario está sin ningún sistema ahorrativo (Escenario 1), al calcularlo por un año se obtiene el valor de Q 14,724.10 que se observa el Cuadro 204.

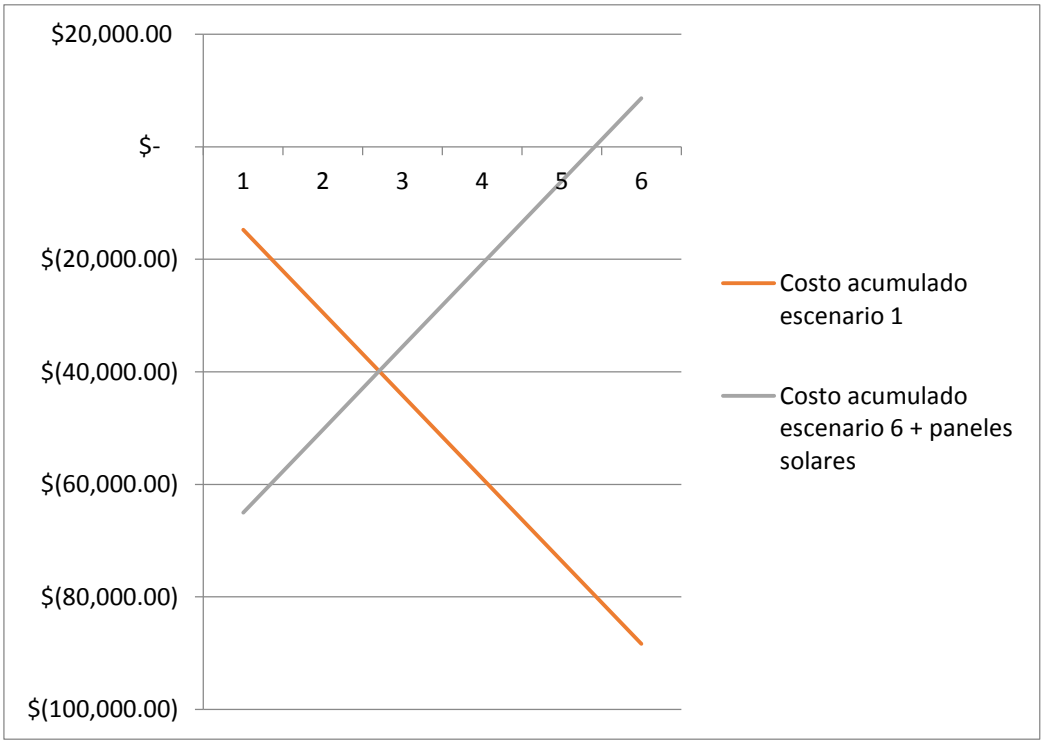
Cuadro 204: Comparación escenario 1 con escenario 6 y paneles solares.

Año	Consumo EEGSA sin ningún sistema de ahorro de energía	Inversión inicial más ahorro por paneles solares, calentador solar y luces LED	Costo acumulado escenario 1	Costo acumulado escenario 6 + paneles solares
0	Q (14,724.10)	Q (65,000.00)	Q (14,724.10)	Q (65,000.00)
1	Q (14,724.10)	Q 14,724.10	Q (29,448.20)	Q (50,275.90)
2	Q (14,724.10)	Q 14,724.10	Q (44,172.30)	Q (35,551.80)
3	Q (14,724.10)	Q 14,724.10	Q (58,896.40)	Q (20,827.70)
4	Q (14,724.10)	Q 14,724.10	Q (73,620.50)	Q (6,103.60)
5	Q (14,724.10)	Q 14,724.10	Q (88,344.60)	Q 8,620.50

Fuente: Elaboración propia.

La vida útil de los calentadores y paneles es aproximadamente de 15 años, descontando los 5 años de recuperación de inversión, se deduce que en los 10 años restantes se tendrá una ahorro de Q147,000.00 aproximadamente.

Ilustración 214: Comparación de recuperación de inversión de calentador solar más paneles solares.



Fuente: Elaboración propia.

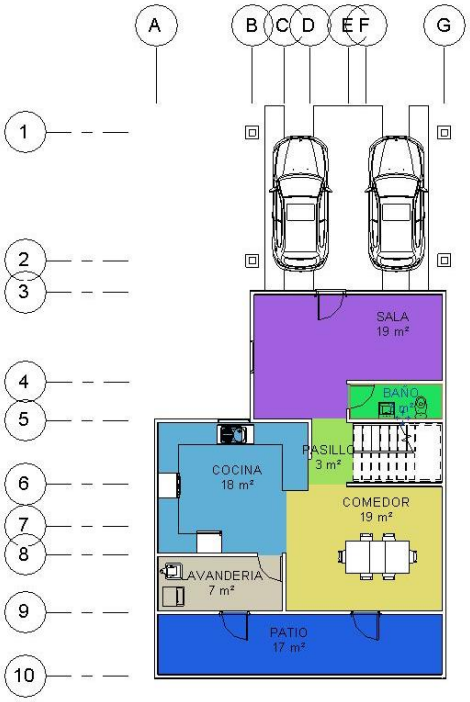
Se concluye que en cinco años se espera recuperar la inversión, de compra de paneles solares y calentador solar.

2. Diseño arquitectónico.

a. Descripción del inmueble. Se presenta la propuesta de una vivienda unifamiliar de cuatro personas enfocada a un sector económico de clase media en un terreno de 9 metros por 17 metros. Utilizando un sistema constructivo a base de madera y dotada con instalaciones especiales que beneficien el ahorro energético, reduciendo así la huella de carbono.

La vivienda cuenta con 160 m^2 de construcción distribuidos en dos plantas y 12 ambientes; cuenta además con garaje techado para dos carros, jardín frontal y patio trasero.

Ilustración 215: Diseño ambientes planta baja.

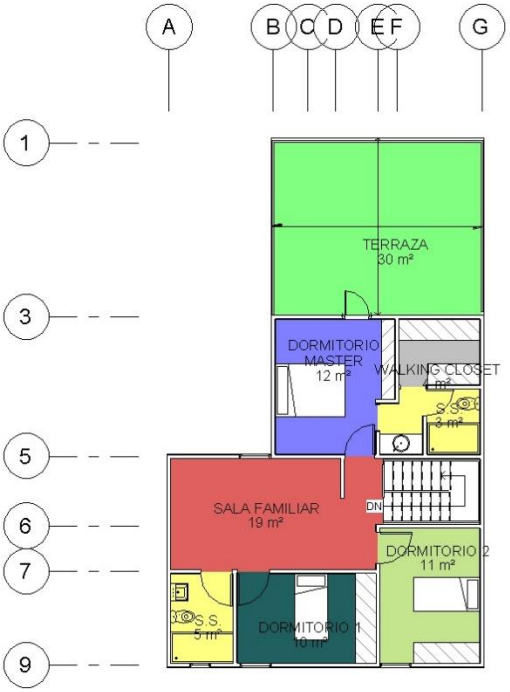


La planta baja cuenta con los ambientes de:

- Sala.
- Baño de visitas.
- Cocina.
- Comedor.
- Lavandería.
- Patio.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 216: Diseño ambientes planta alta.



La planta alta cuenta con los ambientes de:

- Dormitorio principal con closet.
- Baño privado.
- Terraza.
- Sala familiar.
- Dormitorio número dos.
- Dormitorio número tres.
- Baño compartido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Elementos pasivos de climatización.

- Sistema de ventilación cruzada.

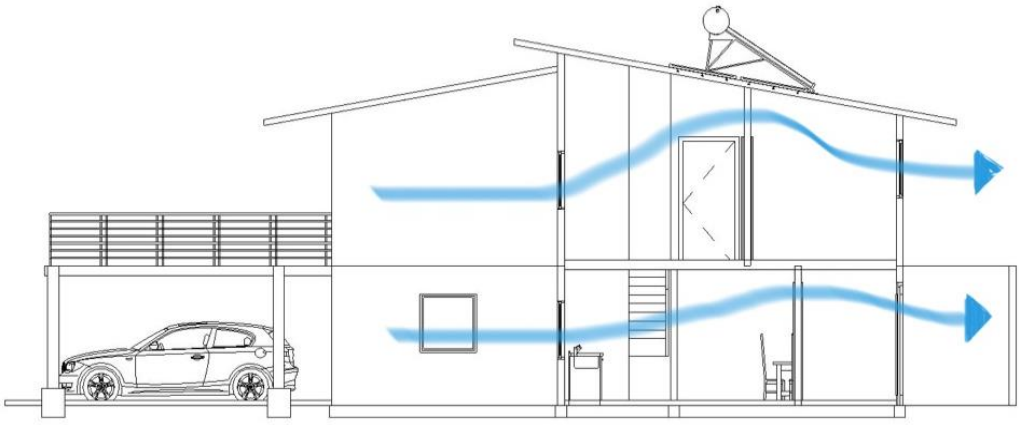
Ilustración 217: Sección en isométrica de diagrama de ventilación cruzada.



Fuente: Elaboración propia.

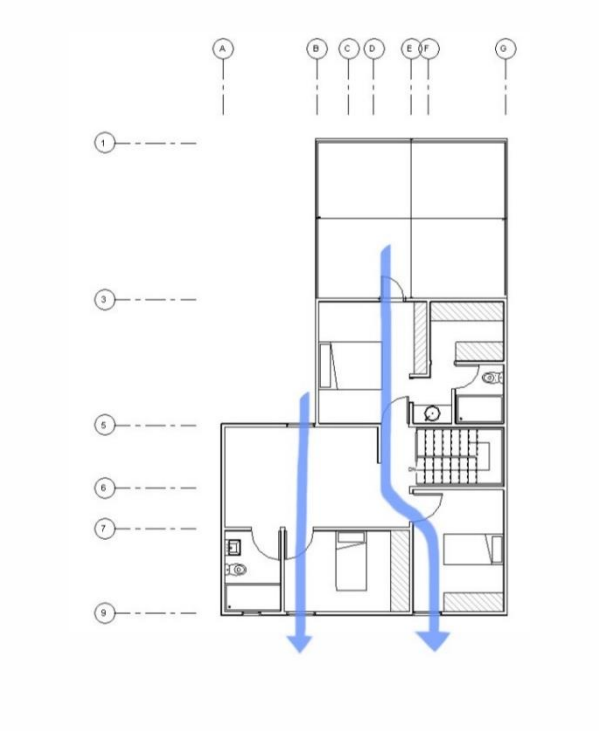
- Aplicación de la ventilación cruzada.

Ilustración 218: Sección en elevación de diagrama de ventilación cruzada.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 219: Sección en planta del diagrama de ventilación cruzada.



Fuente: Elaboración propia.

c. Perspectiva de ambientes.

- Planta baja.

Ilustración 220: Comedor.



Fuente: Elaboración propia.

Ésta es una ilustración vista desde el punto del pasillo, el cual conecta la sala con el comedor.

Ilustración 221: Sala perspectiva 1.



Fuente: Elaboración propia.

Esta sería la perspectiva que se tiene de la sala, el cual es el primer ambiente al que se ingresa a la casa.

Ilustración 222: Sala perspectiva 2.



Fuente: Elaboración propia.

Esta es otra perspectiva del ambiente descrito anteriormente.

- Planta alta.

Ilustración 223: Sala familiar.



Fuente: Elaboración propia.

En esta ilustración se puede observar el ambiente de la sala familiar.

Ilustración 224: Dormitorio principal.



Fuente: Elaboración propia.

- Vista exterior de la casa.

Ilustración 225: Vista aérea desde el suroeste.



Fuente: Elaboración propia.

En esta ilustración se puede observar el techo de la casa, en el cual se podrán integrar los paneles solares y el calentador solar.

Ilustración 226: Vista panorámica de la casa por fuera.



Fuente: Elaboración propia.

Esta es una ilustración muestra una elevación desde el noroeste, lo cual nos permite ver con más detalle el acabado final de la casa.

3. Recolección de agua pluvial. Con el fin de colaborar al aprovechamiento de los recursos, se muestra la propuesta de utilizar agua pluvial para los instrumentos sanitarios (inodoros). Se pretende evaluar si en meses se puede implementar dicho sistema. La propuesta es un tanque con una capacidad de 2,100 litros de almacenamiento.

Basándose en un consumo de 40 litros diarios para el uso del sanitario por persona y tomando en cuenta que es una vivienda estimada para cuatro habitantes. Se obtiene el volumen de agua necesario por día para abastecer los sanitarios.

Cuadro 205: Volumen de agua necesario.

Volumen de agua necesarios para artefactos sanitarios

Consumo por persona	40	litros/día
Personas en la casa	4	personas
Consumo diario	160	litros/día

Fuente: Elaboración propia.

Con el dato obtenido del Cuadro 204 de y la capacidad del tanque propuesto se obtiene que el tanque de almacenamiento, estando lleno, tiene la capacidad de abastecer los sanitarios por 13.125 días. Se obtuvo los datos de la cantidad de lluvia en milímetros mensuales según el INSIVUME de los años 2009 a 2012.

Cuadro 206: Datos INSIVUMEH.

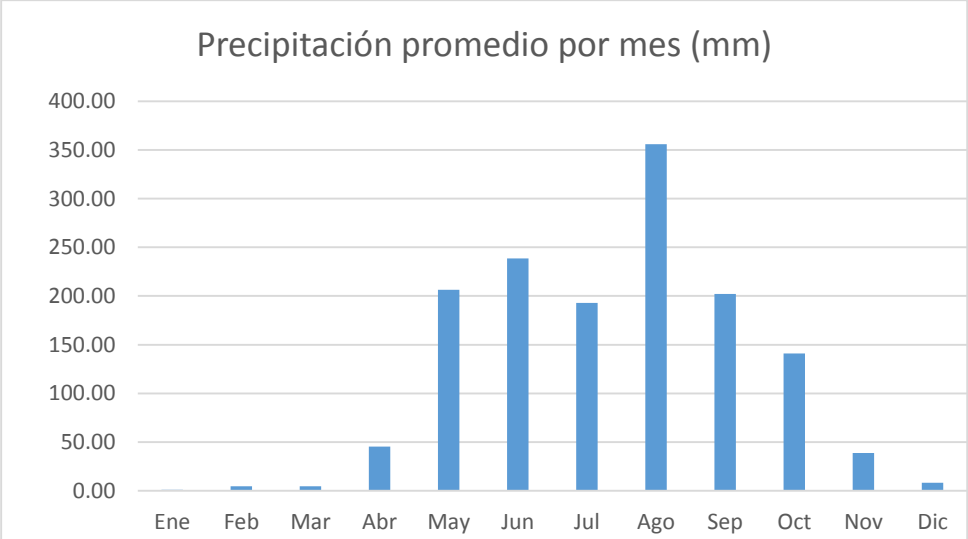
Datos INSIVUMEH y promedio de precipitación de los 4 años por mes.

Año	Dimensiones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2,009.00	mm	0.0	4.0	0.0	17.3	161.0	189.6	94.4	141.5	90.2	81.2	130.5	29.5
2,010.00	mm	0.0	1.3	0.0	108.2	427.4	376.9	317.4	470.8	342.9	26.8	6.4	0.0
2,011.00	mm	0.0	7.2	13.4	15.0	101.5	222.6	238.6	414.2	246.8	384.5	14.2	1.5
2,012.00	mm	3.2	5.3	5.1	40.9	135.8	165.5	121.1	397.5	128.9	71.9	3.2	1.1
	Promedio	0.8	4.5	4.6	45.4	206.4	238.7	192.9	356.0	202.2	141.1	38.6	8.0

Fuente: INSIVUMEH, 2013.

Del Cuadro 206 se puede observar que los meses que más precipitación presentan son los de mayo a octubre. Esto se puede apreciar también en la Ilustración 227, que muestra gráficamente los promedios del Cuadro 206.

Ilustración 227: Precipitación promedio por mes.



Fuente: Elaboración propia.

Para poder calcular la capacidad de volumen de captación del inmueble al mes, primero se definieron las áreas de recolección. En el caso de la vivienda propuesta el área de captación es el techo que cuenta con un área de 96 metros cuadrados. Con el área de captación ya definida se procedió al cálculo del volumen de agua que el techo es capaz de captar. Se tomaron para los cálculos un 20% de pérdidas.

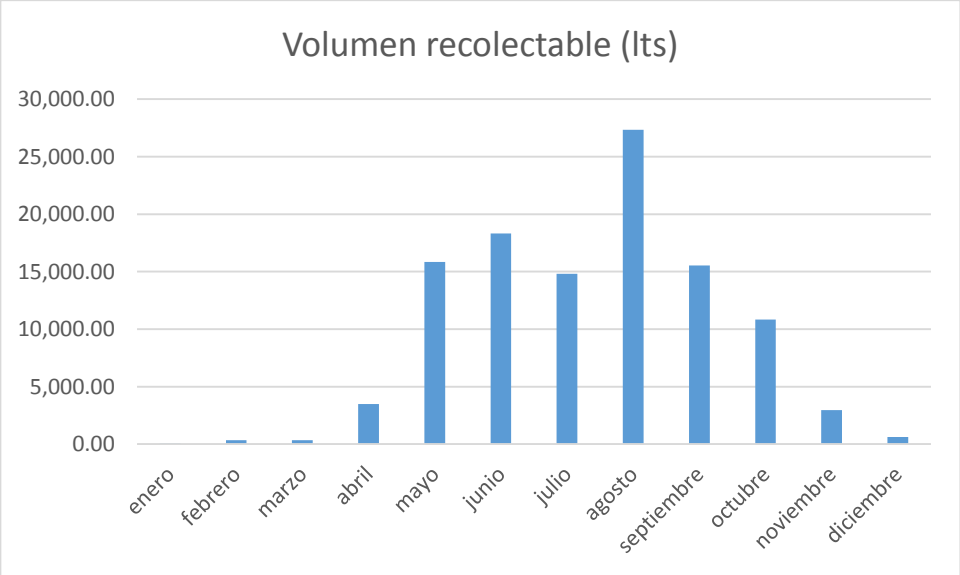
Cuadro 207: Capacidad de captación.

Capacidad de captación por mes.

Mes	Área de captación (m^2)	Pérdidas	Promedio de lluvia (mm)	Volumen recolectable (m^3)	Volumen recolectable (lts)
enero	96.00	0.20	0.80	0.06	61.44
febrero	96.00	0.20	4.45	0.34	341.76
marzo	96.00	0.20	4.63	0.36	355.20
abril	96.00	0.20	45.35	3.48	3,482.88
mayo	96.00	0.20	206.43	15.85	15,853.44
junio	96.00	0.20	238.65	18.33	18,328.32
julio	96.00	0.20	192.88	14.81	14,812.80
agosto	96.00	0.20	356.00	27.34	27,340.80
septiembre	96.00	0.20	202.20	15.53	15,528.96
octubre	96.00	0.20	141.10	10.84	10,836.48
noviembre	96.00	0.20	38.58	2.96	2,962.56
diciembre	96.00	0.20	8.03	0.62	616.32

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 228: Volumen recolectable.



Fuente: Elaboración propia.

Al contar con el volumen que se puede captar por mes, se procede a la revisión o chequeo de qué meses son capaces de abastecer al tanque para que el agua que recolecte pueda utilizarse para la vivienda. Este chequeo se realiza comparando la cantidad de veces que se es capaz de llenar el tanque de 2100 litros por mes. Según los cálculos realizados para que un mes cumpla con la demanda debe ser capaz de llenar el tanque 2.29 veces.

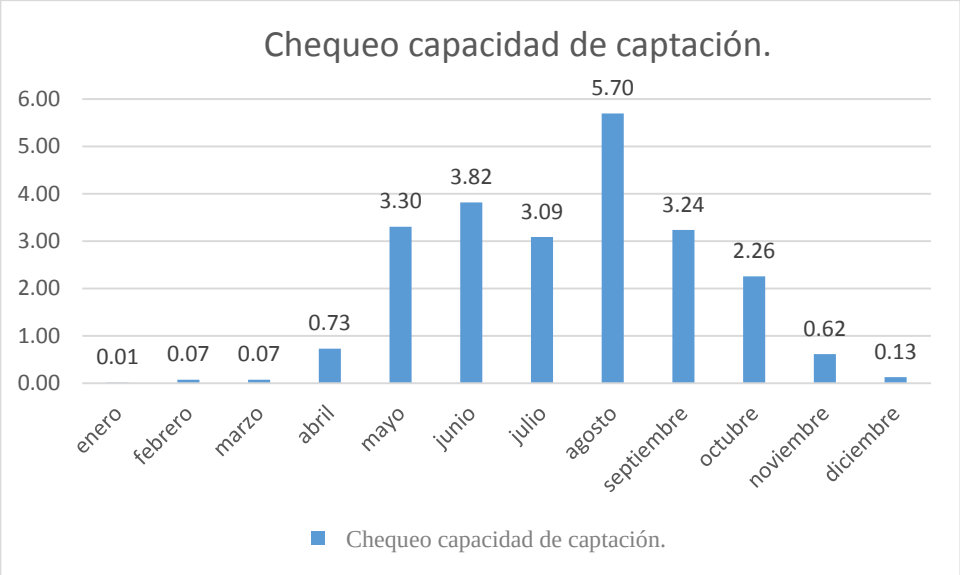
Cuadro 208: Chequeo capacidad de captación.

Chequeo capacidad de captación.

Mes	Veces que el tanque debe de llenarse	Volumen recolectable (lts)	Capacidad del tanque (lts)	Veces que se llena el tanque	Relación D/C (%)	Cumple
enero	2.29	61.44	2,100	0.03	0.01	NO OK
febrero	2.29	341.76	2,100	0.16	0.07	NO OK
marzo	2.29	355.20	2,100	0.17	0.07	NO OK
abril	2.29	3,482.88	2,100	1.66	0.73	NO OK
mayo	2.29	15,853.44	2,100	7.55	3.30	OK
junio	2.29	18,328.32	2,100	8.73	3.82	OK
julio	2.29	14,812.80	2,100	7.05	3.09	OK
agosto	2.29	27,340.80	2,100	13.02	5.70	OK
septiembre	2.29	15,528.96	2,100	7.39	3.24	OK
octubre	2.29	10,836.48	2,100	5.16	2.26	OK
noviembre	2.29	2,962.56	2,100	1.41	0.62	NO OK
diciembre	2.29	616.32	2,100	0.29	0.13	NO OK

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 229: Chequeo capacidad de captación.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 207 e Ilustración 229, únicamente los meses de mayo a octubre son capaces de cumplir con la demanda suficiente para que se abastezcan los sanitarios de la vivienda. Por ello, se podría implementar está propuesta por 6 meses del año como aporte ecológico, pero el resto de meses sería necesaria el uso completo del agua municipal. El costo de esta propuesta se presenta a continuación:

Cuadro 209: Costo.

Costo		
Tanque	Q	2,150.00
Filtro	Q	200.00
Instalación	Q	350.00
Bomba	Q	1,500.00
Excavación	Q	1,500.00
Total:	Q	5,700.00

Fuente: Elaboración propia.

4. Resumen del diseño estructural. A continuación se presentara un resumen con resultados obtenidos de las hojas de cálculo, las cuales se encuentran en el apartado de anexos. Dentro de las cuales se llevó a cabo el diseño estructural de la vivienda. El análisis se realizó por el método ASD usando como principales referencias los siguientes libros:

- Aghayere, Abi; Vigil, Jason. 2007. *Structural Wood Desing A Practice-Oriented Approoach Using the ASD Method*. John Wiley&Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA.
- American Forest & Paper Association; American Wood Council. 2005. *National Design Specification for Wood Construction NDS.* Washington DC, USA.

La madera con la que se diseñó es pino tratado de especie *Oocarpa*, la cual cumple con las normas ANSI (National Standards Institute).

a. Resumen de cálculos de entrepiso.

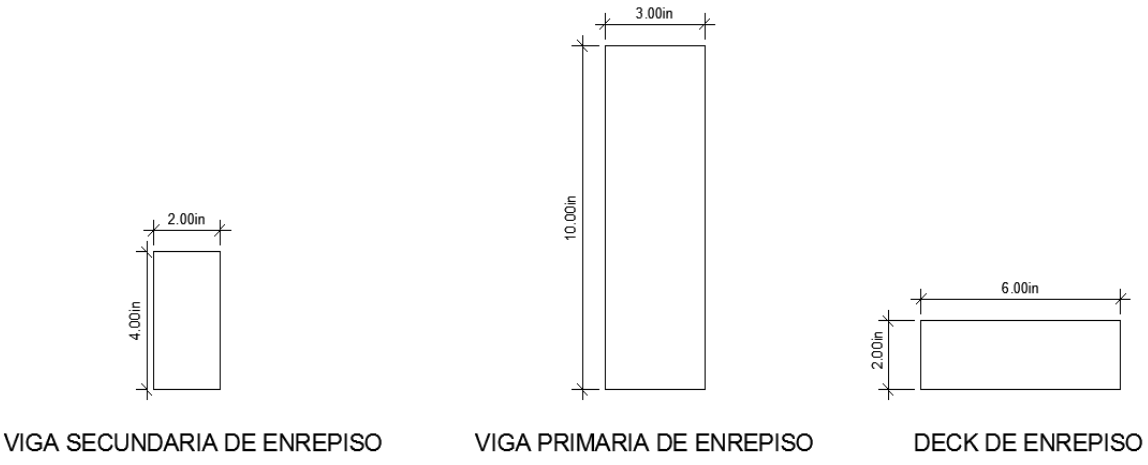
Cuadro 210: Resumen de cálculos de entrepiso.

Entrepiso*				
Elemento	Viga secundaria	Viga principal	Deck	Dinteles
Espaciamiento	1m	1m	N/A	N/A
Largo	1m	6 y 4 metros	1m	1m
Sección diseñada**	2"X4"	3"X10"	2"X6"	2"X4"

*Cálculos en anexos, **medidas nominales

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 230: Detalle entrepiso.



Fuente: Elaboración propia.

b. Resumen de cálculos de techo.

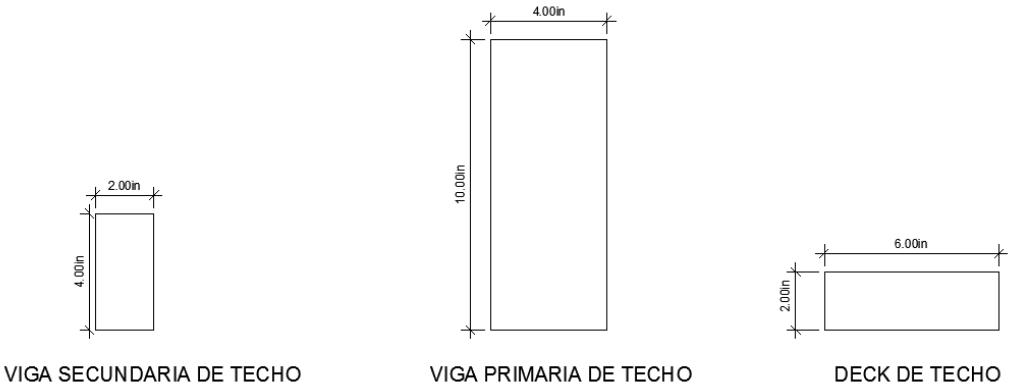
Cuadro 211: Resumen de cálculos de techo.

Techo*				
Elemento	Viga secundaria	Viga principal	Deck	Dinteles
Espaciamiento	1m	1m	N/A	N/A
Largo	1m	8 y 5 metros	1m	1m
Sección diseñada**	2"X4"	4"X10"	2"X6"	2"X4"

*Cálculos en anexos, **medidas nominales

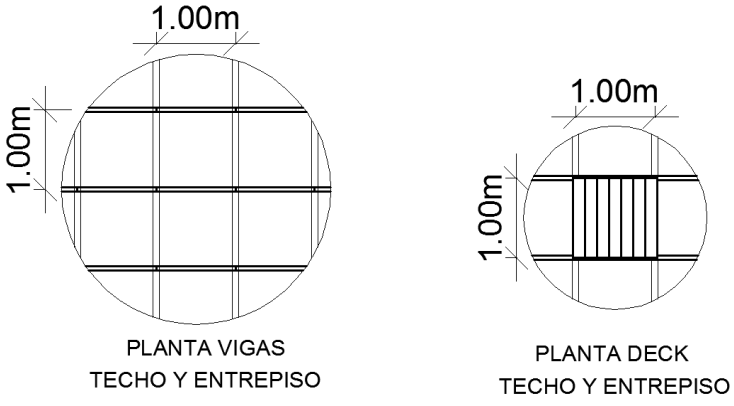
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 231: Vigas de techo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 232: Detalles entrepiso y techo.



Fuente: Elaboración propia.

c. Resumen de cálculos de columnas

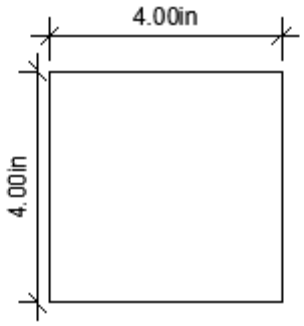
Cuadro 212: Resumen de cálculos de columnas.

Columnas*	Espaciamiento	Largo de diseño	Sección diseñada**
Pines de muros	1m	2.6 m	4"X4"

*Cálculos en anexos, **medidas nominales

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 233: Columna.



COLUMNA (PINES DE MURO)

Fuente: Elaboración propia.

d. Resumen de cálculos de muros.

Cuadro 213: Resumen de cálculos de muros.

Muros	Altura	Grosor	Grado	Clavos	
Paneles	2.4	15/32"	Estructural	8d @ 4" en bordes	8d @12" en área cubierta

*Cálculos en anexos, **medidas nominales

Fuente: Elaboración propia.

e. Resumen de cálculos de balcón.

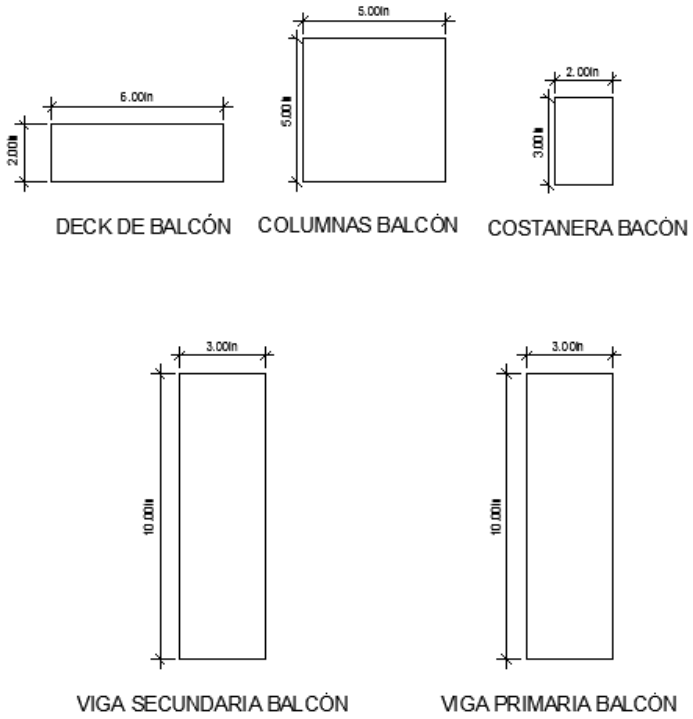
Cuadro 214: Resumen de cálculos de muros.

Balcón*					
Elemento	Costanera	Viga secundaria	Viga principal	Deck	Columnas
Espaciamiento	0.5m	1m	6m	N/A	N/A
Largo	1m	6m	4m	1m	2.6m
Sección diseñada**	2"X3"	3"X10"	3"X10"	2"X6"	5"X5"

*Cálculos en anexos, **medidas nominales

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 234: Detalle de balcón.



Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión de resultados. Importante al momento de implementar sistemas de ahorro de energía, es el control de los costos de la electricidad. La inversión inicial en paneles solares, calentador solar e iluminación LED ascienden aproximadamente a Q65, 000.00. Se hizo una comparación contra el ahorro que se obtendría al implementar los sistemas dentro de la propuesta de vivienda diseñada. La comparación fue contra el mismo diseño de consumo de energía, pero sin implementar ninguno de los sistemas mencionado. Con esta comparación se obtuvo que la inversión se recuperara a un plazo de cinco años, con un ahorro anual de 14,700 aproximadamente.

El calentador eléctrico presentó el gasto que más repercute en el costo de la energía eléctrica, por lo que es importante la toma de decisión de sustituirlo por un calentador solar. La iluminación LED, con su bajo consumo energético, no produce pérdidas de energía por medio de la liberación de calor, colaborando con la reducción de emisiones de CO_2, además de eso al sumarle su vida útil de 50,000 horas, la hace una gran opción de inversión. Se comprobó que la utilización de paneles solares, calentadores solares y lámparas LED, en un uso simultáneo, generan un ahorro significativo.

El diseñador debe estar consciente del tipo de vivienda y para quién está diseñando, con el fin de crear un diseño que se adapte a sus necesidades. Es de suma importancia que se defina el material de construcción para el sistema constructivo. Dentro de los retos que se encontraron fueron que elementos de los diseños arquitectónicos no favorecían a la propuesta de diseño estructural. Al dar una propuesta arquitectónica de una vivienda, se debe buscar la forma más efectiva de implementar los sistemas pasivos de climatización o iluminación. En este caso refiriéndose por ejemplo a la ventilación cruzada, el diseñador realizar los cambios que se necesite realizar al diseño cuidando de conservar los conceptos del diseño. Por ello, la necesidad de crear un diseño integral incluyendo las necesidades del sector a al que se esté enfocado con los sistemas tanto arquitectónicos como constructivos que se tengan pensados implementar. Para la realización de cálculos en madera es importante fijar la especie con la que se diseñara para establecer desde un principio las propiedades y esfuerzos con los que diseñaran. Aunque la madera provee flexibilidad de diseño se debe estar consciente de cuáles son las relaciones con las que se tienen que cumplir parar que el sistema estructural trabaje como se desea.

El marco práctico se dividirá en dos partes. La primera es calcular las toneladas de CO_2 que se emiten al ambiente debido a los materiales utilizados en la construcción de la casa propuesta para el "Condado Santa Elena". Para ello se comparará una casa construida principalmente de madera, contra una casa construida principalmente de concreto. La segunda parte consiste en una guía para la obtención de una certificación verde mediante prácticas sostenibles que se deben seguir a la hora de planificar la construcción de la casa propuesta.

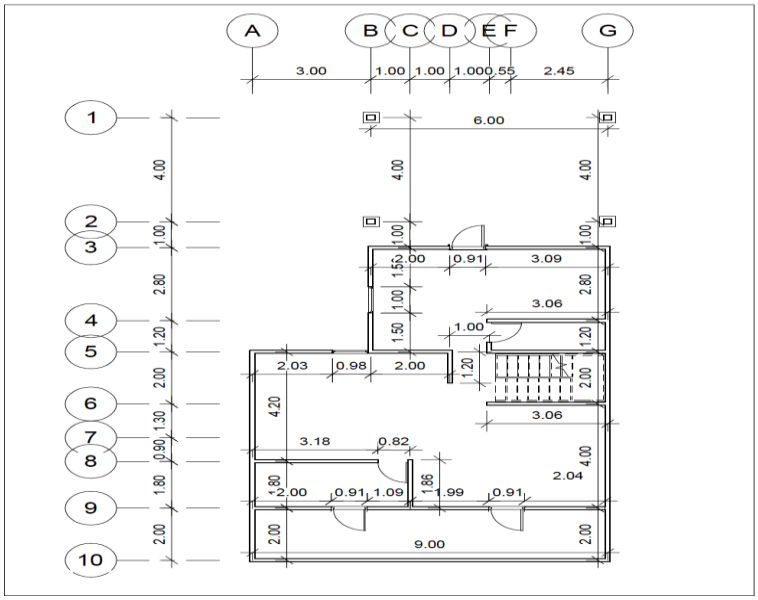
6. Cálculo de toneladas de CO_2 debido a los materiales a utilizar en la construcción de una residencia. El marco práctico se dividirá en dos secciones. Una sección dedicada al cálculo de las toneladas equivalentes de dióxido de carbono debido a los materiales a utilizar en la edificación de una casa dentro del proyecto "Condado Santa Elena". Para estos cálculos es necesario utilizar los factores obtenidos mediante la Environment Agency del Reino Unido, proporcionados en el marco teórico de este trabajo. Como método comparativo se propondrán dos opciones de construcción; una opción es utilizar madera como material principal y la otra opción es una construcción de mampostería convencional en Guatemala. Haciendo uso de los planos de planta de la casa propuesta para el condado, se procederá a calcular los volúmenes de material necesario para cada tipo de construcción. Luego, dichos volúmenes se multiplicarán por la densidad de cada material para obtener el resultado en toneladas. Por último, las toneladas del material se multiplicarán por el factor ton e CO_2/ton material.

7. Casa utilizada para el cálculo de materiales y certificación verde para hogares.

a. Descripción. Se presenta la propuesta de una vivienda unifamiliar de cuatro personas enfocada a un sector económico de clase media en un terreno de 9 metros por 17 metros. Utilizando un sistema constructivo a base de madera y dotada con instalaciones especiales que beneficien el ahorro energético, reduciendo así la huella de carbono.

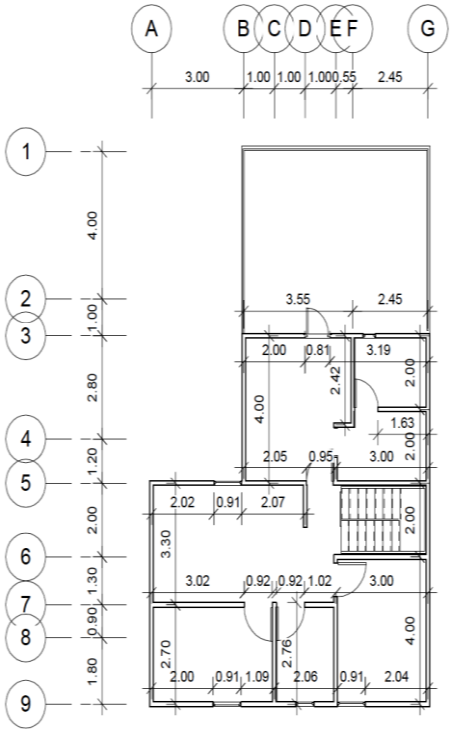
La vivienda cuenta con 160 m^2 de construcción distribuidos en dos plantas y 12 ambientes, cuenta además con garaje techado para dos carros, jardín frontal y patio trasero.

Ilustración 235: Planta baja de casa propuesta para Condado Santa Elena.



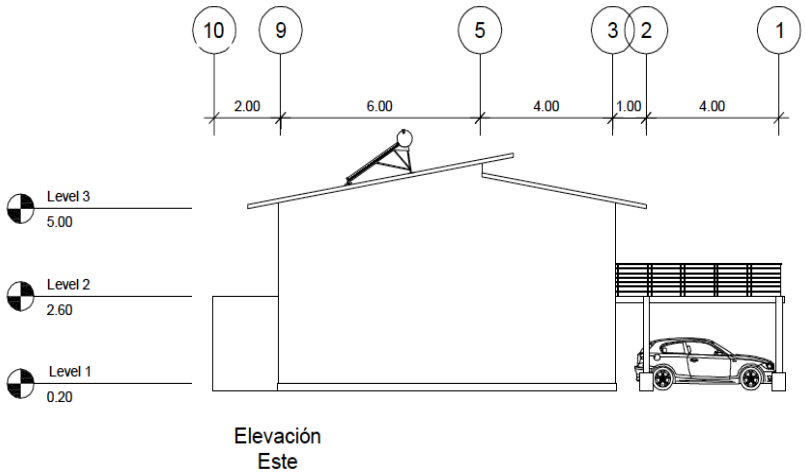
Fuente: Cifuentes, M.

Ilustración 236: Planta alta de casa propuesta para Condado Santa Elena.



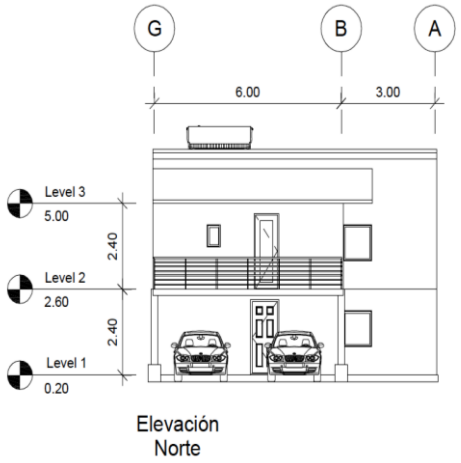
Fuente: Cifuentes, M.

Ilustración 237: Elevación este de casa propuesta para Condado Santa Elena.



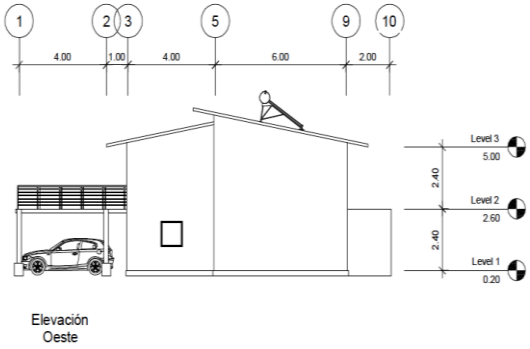
Fuente: Cifuentes, M.

Ilustración 238: Elevación norte de casa propuesta para Condado Santa Elena.



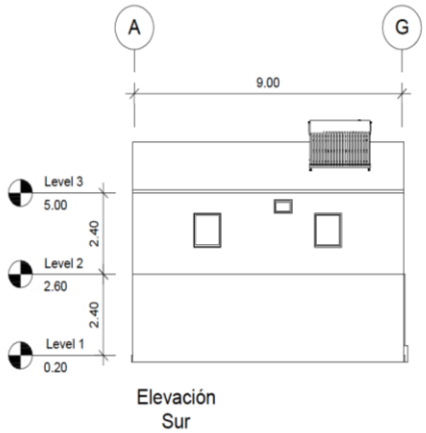
Fuente: Cifuentes, M.

Ilustración 239: Elevación oeste de casa propuesta para Condado Santa Elena.



Fuente: Cifuentes, M.

Ilustración 240: Elevación sur de casa propuesta para Condado Santa Elena.



Fuente: Cifuentes, M. (2014)

Cuadro 215: Cálculo de metros cúbicos de material para casa de madera.

Material	Largo	Alto	Ancho	Metros cúbicos
Muros primer nivel	11.51	2.50	0.03	0.72
	9.00	2.50	0.03	0.56
	7.83	2.50	0.03	0.49
	4.28	2.50	0.03	0.27
	4.53	2.50	0.03	0.28
	5.88	2.50	0.03	0.37
	1.11	2.50	0.03	0.07
	1.41	2.50	0.03	0.09
	0.95	2.50	0.03	0.06
	2.64	2.50	0.03	0.17
	2.45	2.50	0.03	0.15
	1.28	2.50	0.03	0.08
	3.71	2.50	0.03	0.23
	1.81	2.50	0.03	0.11
	2.57	2.50	0.03	0.16
	9.00	2.50	0.03	0.56
	4.53	2.50	0.03	0.28
Madera segundo nivel	10.11	2.50	0.03	0.63
	7.86	2.50	0.03	0.49
	5.83	2.50	0.03	0.36
	4.28	2.50	0.03	0.27
	3.44	2.50	0.03	0.22
	2.89	2.50	0.03	0.18
	2.89	2.50	0.03	0.18
	3.47	2.50	0.03	0.22
	2.18	2.50	0.03	0.14
	3.22	2.50	0.03	0.20
	1.85	2.50	0.03	0.12
	1.85	2.50	0.03	0.12
Vigas primarias techo	8.00	0.25	0.10	2.03
Vigas secundarias techo	1.00	0.15	0.05	0.65
Madera techo				
Vigas primarias entrepiso	6.00	0.25	0.08	1.10
Vigas secundarias entrepiso	1.00	0.10	0.05	0.44
Cemento	17.05	0.40	9.00	11.05
Agregado grueso	17.05	0.40	9.00	28.85

Fuente: Elaboración propia.

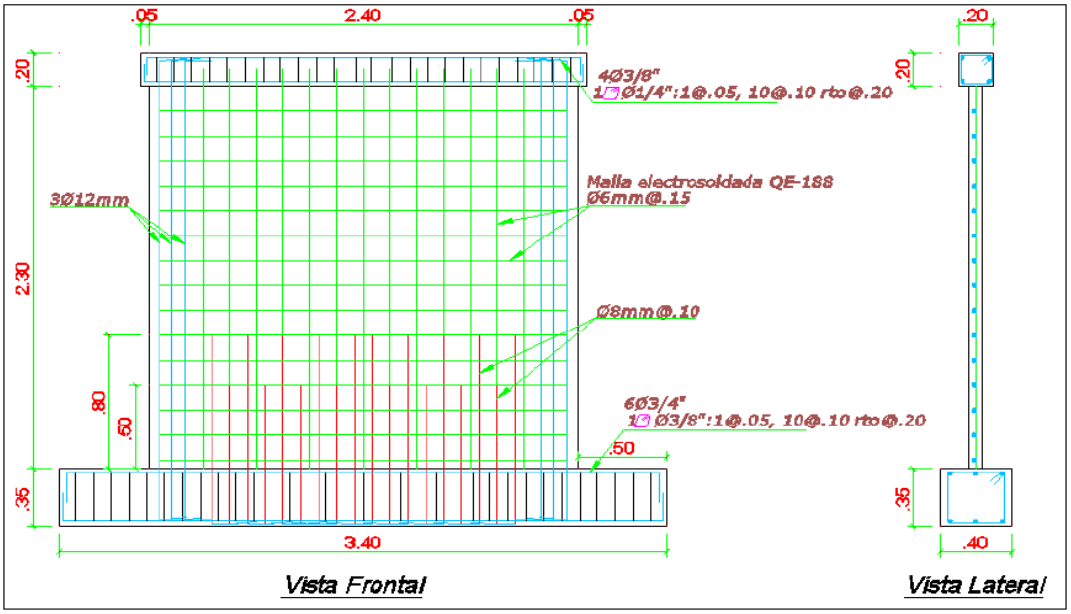
Cuadro 216: Cálculo de toneladas de CO_2 por material.

Material	Densidad ton/m^3	Toneladas	Factor co2e/ton	Ton CO_2
Muros primer nivel	0.50	0.36	0.24	0.09
	0.50	0.28	0.24	0.07
	0.50	0.24	0.24	0.06
	0.50	0.13	0.24	0.03
	0.50	0.14	0.24	0.03
	0.50	0.18	0.24	0.04
	0.50	0.03	0.24	0.01
	0.50	0.04	0.24	0.01
	0.50	0.03	0.24	0.01
	0.50	0.08	0.24	0.02
	0.50	0.08	0.24	0.02
	0.50	0.04	0.24	0.01
	0.50	0.12	0.24	0.03
	0.50	0.06	0.24	0.01
	0.50	0.08	0.24	0.02
	0.50	0.28	0.24	0.07
	0.50	0.14	0.24	0.03
Madera segundo nivel	0.50	0.32	0.24	0.08
	0.50	0.25	0.24	0.06
	0.50	0.18	0.24	0.04
	0.50	0.13	0.24	0.03
	0.50	0.11	0.24	0.03
	0.50	0.09	0.24	0.02
	0.50	0.09	0.24	0.02
	0.50	0.11	0.24	0.03
	0.50	0.07	0.24	0.02
	0.50	0.10	0.24	0.02
	0.50	0.06	0.24	0.01
	0.50	0.06	0.24	0.01
Vigas primarias techo	0.50	1.02	0.24	0.24
Vigas secundarias techo	0.50	0.33	0.24	0.08
Madera techo	0.50	13.00	0.24	3.12
Vigas primarias entrepiso	0.50	0.55	0.24	0.13
Vigas secundarias entrepiso	0.50	0.22	0.24	0.05
Cemento	1.50	16.57	0.95	15.74
Agregado grueso	2.00	57.70	0.01	0.29

Fuente: Elaboración propia.

8. Cálculo de volúmenes y toneladas de CO_2 de casa de mampostería. Para los cálculos de materiales de la casa de mampostería se utilizará un modelo de muros prefabricados. El diseño estructural de cada muro será el siguiente:

Ilustración 241: Diseño estructural de muro prefabricado.



Fuente: Rodríguez, M. 2011.

Cuadro 217: Cálculo de toneladas de CO_2 por material.

Material	Densidad ton/m^3	Toneladas	Factor CO_2e/ton	Ton CO_2
Cemento viga	1.5	0.027	0.95	0.02565
Cemento muro	1.5	0.119232	0.95	0.1132704
Cemento solera	1.5	0.12852	0.95	0.122094
Agregado grueso	2	15.120276	0.01	0.15120276
Agregado fino	1.2	4.82562	0.005	0.0241281
Cemento, losa, entrepiso y techo	1.5	5.832	0.95	5.5404
Agregado grueso losas	2	20.304	0.01	0.20304
Agregado fino losas	1.2	6.48	0.005	0.0324

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 218: Cálculo de metros cúbicos de cemento y agregados.

Material	Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Metros cúbicos
Cemento viga	2.5	0.2	0.2	0.018
Cemento muro	2.4	2.3	0.08	0.079488
Cemento solera	3.4	0.35	0.4	0.08568
Agregado grueso	8.3	2.85	0.68	7.560138
Agregado fino	8.3	2.85	0.68	4.02135
Cemento, losa, entrepiso y techo	12	0.2	9	3.888
Agregado grueso losas	12	0.2	9	10.152
Agregado fino losas	12	0.2	9	5.4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 219: Cálculo de toneladas de acero para casa de mampostería.

Acero viga	Long m^3	Estribos m^3	Densidad ton/m^3	Toneladas
	0.000769562	0.000304024	7.8	0.008373974
Acero muro	Electro malla	Refuerzo extremos		
	0.00212623	0.001933964	7.8	0.031669516
Acero solera	Long. m^3	Estribos m^3		
	0.006156496	0.003634043	7.8	0.076366201
Acero losas	Ancho (m)	Largo (m)	Factor acero/m^2	Toneladas
	9	12	0.032	6.912

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 220: Cálculo de toneladas de CO_2 de acero para casa de mampostería.

Material	Factor CO_2e/ton	Ton CO_2
Acero viga	1.46	0.012226003
Acero muro	1.46	0.046237493
Acero solera	1.46	0.111494653
Acero losas	1.46	10.09152

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que para los cálculos de materiales de los muros, únicamente se está tomando en cuenta el material de un solo muro. Por lo que los resultados de toneladas de CO_2, se deben multiplicar por 48 muros que se requieren para toda la casa.

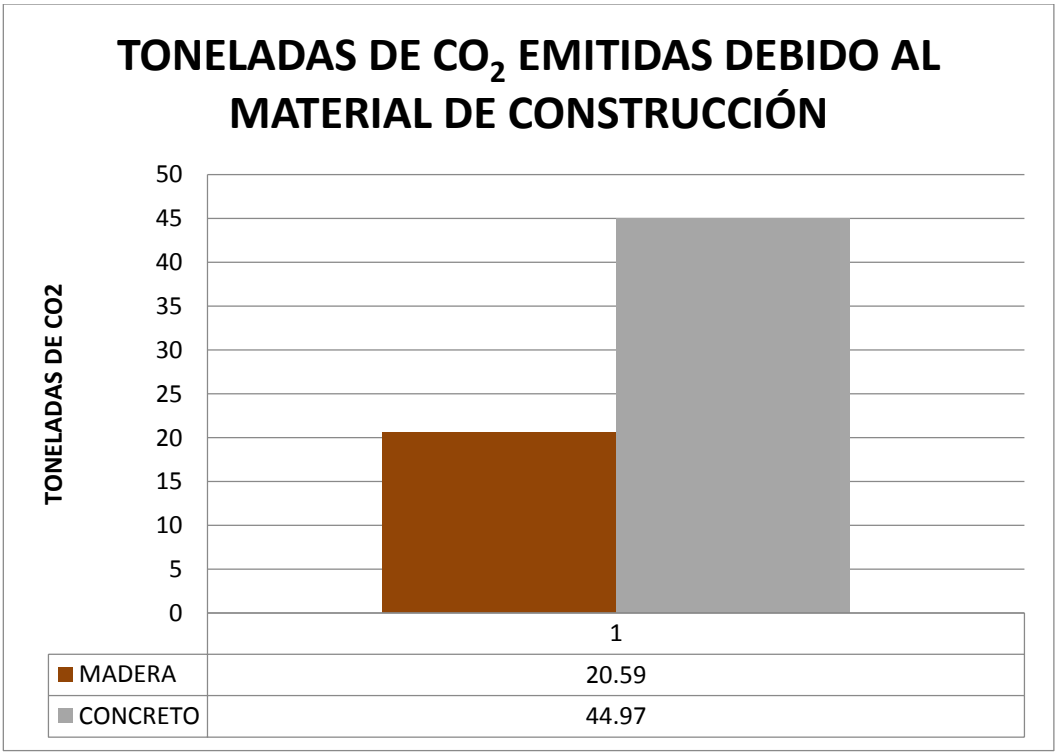
9. Resultados de cálculos.

Cuadro 221: Resultados de cálculos de toneladas de CO_2.

Material principal de construcción	Total de toneladas de CO_2 debido a los materiales utilizados.
Madera	20.59
Concreto	44.97

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 242: Toneladas de CO_2 emitidas debido al material de construcción utilizado.



Fuente: Elaboración propia.

10. Aplicación a certificación verde para hogares. En este trabajo de investigación se tratará lograr que la certificación aplique al diseño y construcción del proyecto residencial que se planea realizar dentro del "Condado Santa Elena". Como base para las prácticas verdes se utilizará la guía para la certificación Leed para Hogares. Para lograr de manera eficiente la certificación, se ha brindado un plan de trabajo que contiene nueve pasos a seguir.

- Paso 1. Contactar a una organización que certifique verde.

Esta organización será la responsable de verificar todos los prerrequisitos y créditos en el sistema residencial. Se lleva a cabo una verificación in-situ.

- Paso 2. Escoger un sistema de puntuación apropiado.

El sistema de puntuación residencial se refiere a dos clases de construcción: unifamiliar y multifamiliar. Para fines prácticos, en esta guía se hará mención únicamente a las viviendas unifamiliares.

- Paso 3. Chequear la elegibilidad del proyecto.

Todos los proyectos que buscan una certificación están obligados a cumplir con los requisitos mínimos del programa y los requerimientos de elegibilidad. Los cuales se pueden encontrar en la página web del concejo verde de Estados Unidos.

- Paso 4. Definir el alcance del proyecto leed.

Identificar toda limitante potencial del proyecto para obtener la certificación. Delimite lo más exacto posible las colindancias del terreno.

- Paso 5. Desarrollar la hoja de puntuación leed y punteo preliminar.

Identificar todos los créditos a los que el proyecto podría apuntar. El certificador profesional puede guiar al equipo que desarrolla el proyecto para apoyarlos en la toma de decisión en cuanto a qué créditos se puede aplicar y a cuáles no.

- Paso 6. Asignar papeles y responsabilidades al grupo desarrollador.

Seleccionar a un miembro del grupo desarrollador como líder en cuanto a establecer metas sostenibles y coordinar la documentación necesaria para que el proyecto sea ingresado. Asignar a los demás miembros del grupo la tarea de verificar que se cumplan las metas se cada crédito al que se desea aplicar y también apoyar en que la documentación necesaria esté completa.

- Paso 7. Desarrollar documentación consistente.

La documentación consistente es crítica para la certificación. Durante la construcción, el miembro del grupo que tiene la responsabilidad de líder para la documentación debe asegurarse que los otros miembros provean los planos, dibujos, listas, descripciones, fotografías, cálculos, y otras formas de documentación requeridas por la organización verde que vele por la certificación.

- Paso 8. Calendarizar las inspecciones del sitio para verificación.

Como mínimo, deberán ser dos visitas por el certificador verde. La primera inspección es requerida después que el sistema de aislamiento sea instalado pero antes del impermeabilizante. La segunda es llevada a cabo cuando la casa y la jardinización se hayan realizado.

- Paso 9. Revisión del certificador verde y envío del proyecto a organización verde para certificación.

Toda la documentación debe estar en orden y todos los créditos deben estar verificados por el certificador mediante las inspecciones del sitio y la revisión de la documentación y los cálculos. Si todo está en orden, el certificador envía la documentación a la organización verde para que lo revisen y certifiquen.

11. Verificación de créditos para certificación verde. Mediante el seguimiento de los nueve pasos descritos en la metodología, se procede a verificar a qué créditos se puede aplicar y a cuales no para la obtención de los puntos necesarios. A continuación se hará un análisis de cada uno de esos créditos para mejor comprensión. Los créditos se dividen en categorías como sigue.

a. Ubicación y transporte.

1) Ut pre-requisito: evitar llanura aluvial. No se debe desarrollar proyectos en terrenos que tengan potencial peligro de inundación. Si se posee, utilizar mapas que indiquen dichas zonas para evitarlas.

2) Ut crédito: elección del sitio. La intención del crédito es promover la construcción en ubicaciones ambientalmente preferibles. Con ambientalmente preferibles se quiere hacer mención a los lugares que por su ubicación, los inquilinos tendrán que realizar viajes más cortos utilizando su vehículo debido a que tienen la mayoría de servicios a la mano.

3) Ut crédito: recursos de la comunidad. Se pretende alentar el uso de bicicleta o el paso peatonal para disminuir la dependencia vehicular.

4) Ut crédito: acceso al tránsito. La intención es reducir los efectos de la contaminación y el desarrollo de la tierra, causados por el uso de los automóviles.

b. Sitios sostenibles.

1) Ss pre-requisito: prevención de contaminación por actividad de construcción. Para reducir la contaminación por la actividad de construcción al controlar la erosión de la tierra, cuencas y la contaminación del aire con polvo. Esto se logra mediante un control estricto en cuanto al uso del agua dentro del proyecto y tapando con una lona los camiones de volteo encargados de realizar el movimiento de tierras cuando salgan del proyecto hacia la zona de desecho.

2) Ss pre-requisito: plantas no invasivas. Pretende prevenir la incursión de plantas invasivas al paisaje. Se refiere a plantas invasivas a todas aquellas que no son nativas del lugar, que provienen de otra región y son plantadas en el proyecto.

3) Ss crédito: reducción de efecto "isla de calor". La intención es minimizar los efectos en humanos y en hábitats de animales al reducir el efecto isla de calor. Se habla del efecto isla de calor cuando se tiene una zona cuyas temperaturas son elevadas debido a la poca reflectividad de los materiales con los que están hechas las edificaciones. Debido a que los rayos ultra violeta no son reflejados hacia afuera, el calor queda encerrado dentro de la zona.

c. Uso de agua.

1) Ua crédito: manejo de agua pluvial. Pretende minimizar la cantidad de agua de lluvia que deja el sitio para aprovecharla al máximo en otros aspectos.

2) Ua crédito: eficiencia de uso de agua. Pretende apoyar los esfuerzos de mejorar la eficiencia del agua al ser monitoreados y realizar una evaluación comparativa del uso del agua formada con el tiempo.

3) Ua crédito: uso total del agua. La intención es reducir la demanda de agua tras su recolección, para instalaciones de alta eficacia y prácticas eficientes de paisajismo.

4) Ua crédito: uso de agua en el interior. La intención es minimizar la demanda del agua en el interior del hogar, tras las modificaciones con dispositivos de alta eficiencia.

5) Ua crédito: uso de agua en el exterior. La intención es reducir el consumo de agua en el exterior tras las prácticas eficientes de paisajismo. Reducir el área de paisajismo de césped con plantas que son de la región o que se adapten.

d. Energía y atmósfera.

1) Ea pre-requisito: desempeño mínimo de energía. La intención general es mejorar el desempeño del sistema eléctrico de la casa. Esto para lograr una reducción significativa en las emisiones de gas de efecto invernadero por medio de utilizar dispositivos eléctricos más eficientes, de manera que el consumo eléctrico sea menor. Entre los requisitos encontramos que ciertos equipos deben de estar certificados Energy Star, entre estos equipos podemos contar con refrigeradora, lavaplatos y lavadora.

2) Ea pre-requisito: monitoreo de energía. Pretende apoyar la eficiencia energética mediante el monitoreo y la medición del uso de la energía en el tiempo.

3) Ea pre-requisito: educación del dueño o constructor. Busca educar o capacitar a los ocupantes durante la construcción y a los ocupantes durante la operación y mantenimiento de la edificación. La capacitación incluye proveer a toda persona que tendrá relación con la construcción, manuales de mantenimiento y operación de los diferentes aspectos de la casa.

4) Ea crédito: distribución eficiente de agua caliente. Pretende reducir el consumo de energía por medio de incrementar la eficiencia de la distribución de agua caliente.

5) Ea crédito: medición de la energía. La intención es promover la eficiencia energética a través del control del consumo de energía y agua monitoreada, mediante contadores.

6) Ea crédito: diseño de energía solar. Pretende reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero por maximizar las oportunidades de diseño para energía solar.

7) Ea crédito: equipo eficiente de agua caliente. Para reducir el consumo de energía asociada con el sistema de agua caliente mejorando la eficiencia del calentador de agua.

8) Ea crédito: iluminación. Se tiene la intención de reducir el consumo de energía asociado con el alumbrado o iluminación tanto interior como exterior.

9) Ea crédito: electrodomésticos de bajo consumo. La intención es reducir el consumo de energía en la instalación de electrodomésticos de bajo consumo.

10) Ea crédito: energía renovable. Promueve la instalación y operación de sistemas renovables de generación eléctrica.

e. Materiales y recursos.

1) Mr pre-requisito: durabilidad y gestión. La intención es promover la durabilidad y desempeño de la construcción, sus componentes y sistemas a través de un diseño apropiado, selección de materiales y prácticas de construcción.

2) Mr crédito: productos ambientalmente preferibles. Se espera incrementar la demanda de productos o componentes para la construcción que minimicen el consumo de materiales mediante reciclaje, productos reciclados o para reducir su impacto de vida.

f. Calidad de entornos interiores.

1) Ei crédito: control de contaminación. La intención es reducir la exposición del ocupante a la contaminación aerotransportada, a través de fuentes de control.

2) Ei crédito: ventilación de combustión. Se busca minimizar la fuga de los gases de combustión en el espacio ocupado en el hogar.

3) Ei crédito: protección contra contaminación de garaje. Se busca minimizar la exposición de los ocupantes a los contaminantes procedentes de un garage.

12. Prácticas para la aplicación de cada crédito.

a. Ut crédito: elección del sitio (8 puntos posibles). Para la aplicación de este crédito se pueden realizar en conjunto las siguientes opciones:

Evitar tierra sensible (3 puntos).

Este crédito busca no desarrollar nuevas construcciones en uno de los siguientes tipos de terreno:

- Tierras de cultivo.
- Tierras designadas por el gobierno a utilizarse para parques verdes.
- Terrenos que tengan un potencial alto hacia las inundaciones.
- Hábitats naturales de especies nombradas en peligro de extinción.
- Terrenos que estén a menos de 15 metros de distancia de humedales.
- Tierras que estén a menos de 30 metros de distancia de cuerpos de agua como lagos, ríos y mares.

1) Desarrollo complementario (2 puntos). Seleccionar el terreno a utilizar de manera que, por lo menos el 75% de la tierra a 800 metros del proyecto ya esté desarrollada previamente.

2) Espacios abiertos (1 punto). Generar espacios abiertos que sean de acceso público.

3) Red de bicicletas (1 punto). Ubicar el proyecto de manera que haya almacenaje de bicicletas a 180 metros de distancia que conecte con al menos una de las siguientes opciones:

- Por lo menos 10 usos de los recursos de la comunidad (ver crédito: recursos de la comunidad).
- Un centro de estudios o trabajo.
- Paradas de autobuses.

Con la aplicación de estas prácticas se pueden lograr seis (7) puntos de ocho (8) posibles.

b. Ut crédito: recursos de la comunidad (2 puntos posibles). Para lograr lo que el crédito pretende, se necesita la construcción o la renovación de un proyecto en el cual la entrada principal este a 800 metros caminando. Se deben aplicar las siguientes restricciones:

- Un solo establecimiento cuenta como un único tipo de uso (ejemplo: una tienda por departamentos cuenta como un único uso, aunque venda diferentes categorías de productos).
- No más de la mitad de la cantidad mínima de usos pueden estar en un mismo edificio (ejemplo: un centro comercial).

- No pueden contarse más de dos establecimientos del mismo uso (ejemplo: puede que haya cinco (5) restaurantes dentro de la distancia requerida, pero solo se pueden contar dos (2)).

Categorías de los usos:

- Supermercados.
- Tiendas por departamentos.
- Tiendas de conveniencia.
- Tienda de equipo de computación.
- Cual otra tienda de venta al por menor.
- Bancos.
- Gimnasio.
- Salón de belleza.
- Lavandería.
- Restaurantes.
- Centros de cuidado para niños.
- Centros de cuidado para adultos mayores.
- Centros de artes culturales.
- Centros educativos.
- Cines.
- Oficinas del gobierno.
- Lugar de culto.
- Clínicas médicas.
- Estación de policía y bomberos.
- Librería.
- Parques públicos.
- Centro de servicios sociales.

Cuadro 222: Puntos por la cantidad de usos.

Usos	Puntos
4-7	1
8-11	1.5
≥ 12	2

Fuente: Leed for Homes

c. Ut crédito: acceso al tránsito (2 puntos posibles). Se debe localizar el proyecto de manera que se pueda accesar a una parada de bus ubicada a no más de 400 metros caminando. El siguiente cuadro muestra la cantidad de puntos a obtener dependiendo de los viajes que genere el transporte público.

Cuadro 223: Puntos a obtener por viajes de transporte público a la semana.

Viajes entre semana	Viajes fin de semana	Puntos
72	40	1
144	108	1.5
360	216	2

Fuente: Leed for Homes.

d. Ss crédito: reducción de efecto isla de calor (2 puntos posibles). Para minimizar el efecto isla de calor se debe asegurarse que por lo menos el 50% de techos, patios y aceras, tengan opción de sombras; sin incluir caminos comunes que sirvan para diferentes edificaciones. Los puntos para este crédito son otorgados en base al siguiente cuadro:

Cuadro 224: Puntos por porcentaje de área de techos, patios y aceras con sombra.

Porcentaje de área con sombra o materiales no absorbentes.	Puntos
50-75%	1
> 75%	2

Fuente: Leed for Homes.

Para lograr la obtención de los puntos se pueden optar las siguientes prácticas:

- Opción 1: sombreado.

Ubicar árboles u otras plantaciones para proveer sombra en los techos, patios y aceras. El porcentaje de la sombra debe calcularse cuando el sol está directamente por encima de la cabeza de los árboles.

- Opción 2: materiales no absorbentes.
    - Utilizar materiales para techo certificados por ENERGY STAR. Tales como impermeabilizantes, pinturas, recubrimientos. Se debe asegurar que los productos que se escojan para el techo estén certificados.
    - Instalar techos verdes.
    - Utilizar materiales de pavimentación con índice de reflexión solar de por lo menos 0.28 (porcentaje de reflexión de rayos solares) o pinturas con colores claros que reflejen la luz.

e. Ss crédito: manejo de agua pluvial (3 puntos posibles). Utilizar técnicas de bajo impacto, es decir que afecten lo menos posible el entorno, para reducir la cantidad de agua de lluvia que deja el sitio. Algunas de dichas prácticas son las siguientes:

- Generar áreas de plantación con plantas nativas del lugar.
- Instalar un techo vegetado o techo verde.
- Utilizar pavimentación permeable.
- Instalar colectores debajo de la pavimentación permeable que permitan captar el agua de lluvia para utilizarla en riego.

Para determinar los puntos a obtener debido al área permeable o área que puede redirigir el agua de lluvia a un sistema de colección, se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 225: Puntos por porcentaje del terreno destinado a área permeable.

Porcentaje del terreno destinado a área permeable.	Puntos
50-64%	1
65-79%	2
≥ 80%	3

Fuente: Leed for Homes.

Se estima que se dejará un porcentaje entre 65-79% de área permeable por lo que para este crédito se obtendrán dos puntos.

f. Ua crédito: uso total del agua (12 puntos posibles). Se debe reducir el total del uso del agua tanto interior como exterior en por lo menos 10% para uso estándar. Para ahorro de agua en el interior se debe utilizar dispositivos ahorradores que mejoren la eficiencia del uso del agua de los dispositivos que comúnmente se utilizan. El consumo de agua por persona por día, dependiendo del dispositivo a utilizar, se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 226: Consumo de agua diario por persona.

Dispositivo	Tasa de flujo		Uso estimado del dispositivo	Uso estimado del agua	
Regadera	2.5 gpm	9.5 lpm	6.15 minutos	15.4 galones	58.4 litros
Lavamanos, lavaplatos	2.2 gpm	8.3 lpm	5.0 minutos	11 galones	41.5 litros
Inodoro	1.6 gpf	6 lpf	5.05 flushes	8 galones	30.3 litros
Lavadora de platos	6.5 gpc	24 lpc	0.1 ciclos	0.7 galones	2.4 litros

Fuente: Leed for Homes.

Donde:

- gpm = galones por minuto.
- gpf = galones por flush.
- gpc = galones por ciclo.
- lpf = litros por flush.
- lpm = litros por minuto.
- lpc = litros por ciclo.

Para reducir el uso del agua utilizada en el exterior de la casa se pueden seguir las siguientes estrategias:

- Instalar tecnología inteligente que ayude a utilizar únicamente el agua necesaria para el riego de jardines. Dicha tecnología se refiere a rociadores que se activen independientemente mediante alarmas y que dejen de funcionar por un sensor instalado en el suelo que permite leer la humedad.
- Utilizar agua de lluvia capturada.
- Utilizar aguas grises tratadas para usos no potables.

Los puntos en este crédito se medirán en base al porcentaje de reducción de agua, descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro 227: Puntos por porcentaje de reducción de uso de agua.

Porcentaje de reducción de agua	Puntos
10%	1
15%	2
20%	3
25%	4
30%	5
35%	6
40%	7
45%	8
50%	9
55%	10
60%	11
65%	12

Fuente: Leed for Homes.

Para saber el porcentaje de ahorro de agua que se logrará mediante los dispositivos ahorradores se debe hacer un análisis comparativo. En el siguiente cuadro se proponen tipos de dispositivos ahorradores.

Cuadro 228: Consumo de agua diario por persona (dispositivos ahorradores).

Dispositivo	Tasa de flujo		Uso estimado del uso	Uso estimado del agua	
Regadera (ahorradora)	1 gpm	3.76 lpm	6.15 minutos	6.15 galones	23.12 litros
Lavamanos, lavaplatos (ahorrador)	1.32 gpm	5 lpm	5.0 minutos	6.6 galones	25 litros
Inodoro (ahorrador)	1.1 gpf	4.16 lpf	5.05 flushes	5.55 galones	21 litros
Lavadora de platos (ahorradora)	1.6 gpc	6 lpc	0.1 ciclos	0.16 galones	0.96 litros

Fuente: Elaboración propia.

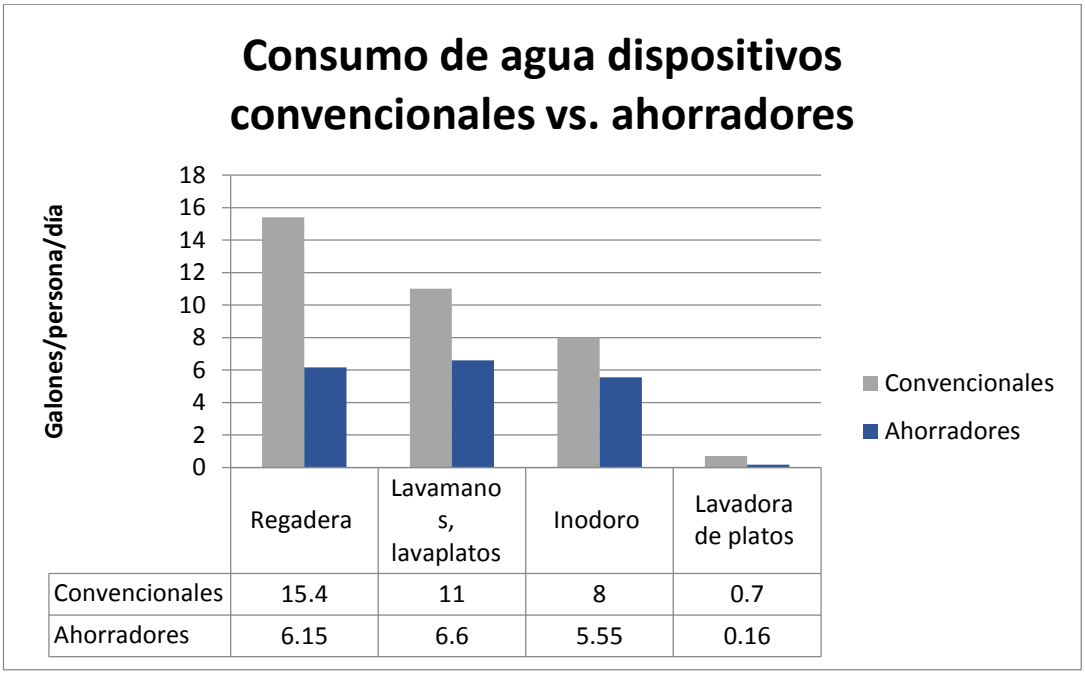
Comparando ambos usos estimados del agua por persona al día se obtiene el siguiente cuadro que demuestra las diferencias de la cantidad de agua necesaria.

Cuadro 229: Comparación de uso estimado del agua al día por persona.

Dispositivo	Uso estimado del agua		Uso estimado del agua (dispositivos ahorradores).	
Regadera	15.4 galones	58.4 litros	6.15 galones	23.12 litros
Lavamanos, lavaplatos	11 galones	41.5 litros	6.6 galones	25 litros
Inodoro	8 galones	30.3 litros	5.55 galones	21 litros
Lavadora de platos	0.7 galones	2.4 litros	0.16 galones	0.96 litros

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 243: Comparación de consumo de agua por dispositivos ahorradores y convencionales.



Fuente: Elaboración propia.

Con esta comparación se puede obtener un total de agua necesaria al día para los dos escenarios y así generar un porcentaje de ahorro, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 230: Porcentaje de ahorro debido a utilizar dispositivos ahorradores.

Dispositivo	Total de uso de agua		Porcentaje de ahorro
	Galones	Litros	
Normales	35.1	132.6	47%
Ahorradores	18.46	70.08	

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para ahorrar el uso de agua en el exterior se pueden tomar las siguientes medidas:

- Reducir los ciclos de riego entre uno y tres minutos y así ahorrar hasta 50 galones al día.
- Regar únicamente antes de las 8:00 A.M. para reducir la evaporación y ahorrar de 20 a 25 galones por día.
- Invertir en un controlador inteligente que tome la decisión en cuanto a cuándo regar y cuánta agua utilizar. Utilizando regadores inteligentes se pueden ahorrar alrededor de 40 galones por día.

Aplicando las diferentes estrategias para la reducción del consumo de agua en el exterior e instalando dispositivos altamente eficientes, se estima que se puede llegar a un 55% de reducción de consumo, por lo que se logran obtener 10 puntos para este crédito. La guía de LEED para hogares específica que si se aplica a este crédito, no se podrá aplicar a otros créditos relacionados con la eficiencia del agua.

g. Ea crédito: sistema de distribución eficiente de agua caliente (5 puntos posibles). Para poder obtener puntos en este crédito se deberá aislar toda la tubería de agua caliente, incluyendo todos los accesorios de cambio de dirección. La tubería debe estar encausada dentro de algún canal o manga que pueda aislar el calor dentro de la tubería y así optimizar la eficiencia en la distribución de agua caliente. Por otro lado, la manga aisladora no será necesaria si se estipula que la propia insulación de la tubería se mantendrá estando instalada debajo del suelo. Realizando esta buena práctica se podrá acceder a dos puntos.

h. Ea crédito: medición de la energía (2 puntos posibles). Para obtener un punto en este crédito se deberá instalar un sistema permanente de monitoreo de energía que controle el consumo en intervalos de una hora o menos y debe estar equipado con la habilidad de transmitir la información al dueño de la casa hacia una unidad remota (computadora, tablet, pantalla dentro de la casa).

Por ejemplo, dicho dispositivo puede ser uno como el llamado "*The Energy Detective"* (El detector energético o TED por sus siglas en inglés), el cual ayuda al consumidor a medir en tiempo real el consumo energético en el lugar e incluso identificar los aparatos que más consumen energía. La manera para acceder a otro punto en este crédito es compartir la información con el USGBC relacionada con el consumo de energía y los aparatos dentro de la casa. De esta manera se obtienen los dos puntos para este crédito.

i. Ea crédito: diseño de energía solar (1 punto posible). Esto se puede lograr mediante la instalación de paneles solares que sirvan para abastecer de energía eléctrica a la casa o bien, paneles solares que sirvan para calentar el agua. El hecho de utilizar paneles solares para cualquier uso ya otorga el punto que genera este crédito.

j. Ea crédito: equipo eficiente de agua caliente (3 puntos posibles). Instalar un calentador de agua certificado ENERGY STAR (un punto), o instalar un calentador de agua que en combinación con el calentador ENERGY STAR logre calentar el 40% del agua (dos puntos) o 60 % (tres puntos). El siguiente cuadro muestra la obtención de puntos acorde al calentador que se utilice.

Cuadro 231: Puntos con base a la eficiencia del calentador de agua.

Equipo	Puntos
Calentador ENERGY STAR	1
Calentador solar: calienta 40-59% del agua, en conjunto con calentador ENERGY STAR	2
Calentador solar: ≥ 60% del agua, en conjunto con calentador ENERGY STAR	3

Fuente: Leed for Homes.

k. Ea crédito: iluminación (2 puntos posibles). Para poder acceder a los dos puntos que otorga este crédito se debe instalar iluminación de alta eficiencia. Los puntos para este crédito se otorgan en base a la densidad de wataje que se muestran en el Cuadro 27.

Cuadro 232: Puntos por porcentaje de reducción en consumo de energía.

Porcentaje de reducción	Puntos
35%	0.5
45%	1
55%	1.5

Fuente: Leed for Homes.

Como se demuestra en el cuadro anterior, por el hecho de utilizar bombillos ahorradores o fluorescentes se puede ahorrar un 77% en el consumo de energía lo que representaría obtener 1.5 puntos según el Cuadro 232. En términos de iluminación exterior se deben instalar focos con sensores, celdas fotovoltaicas, fotosensores o que funcionen con alarma. Haciendo esto se puede acceder a 0.5 puntos que completan los dos puntos de este crédito.

l. Ea crédito: electrodomésticos de bajo consumo (2 puntos posibles). Se deben instalar electrodomésticos que cumplan con la certificación ENERGY STAR. Para acceder a los dos puntos se deben utilizar los siguientes equipos:

- Refrigerador certificado ENERGY STAR (1punto).
- Ventilador de techo certificado ENERGY STAR (por lo menos uno en la sala y uno por cada cuarto) (0.5 puntos).
- Lavadora de platos certificada ENERGY STAR (0.5 puntos).

m. Ea crédito: energía renovable (4 puntos posibles). Se debe diseñar e instalar un sistema renovable de generación de energía eléctrica. Por cada 500 kWh generados al año, se otorgará un punto. Debido a que mediante los paneles solares, propuestos para la casa verde, se generarán más de 2000 kWh al año, se puede acceder a la totalidad de los cuatro (4) puntos que este crédito otorga.

n. Mr crédito: verificación de durabilidad y gestión (1 punto posible). Se debe asegurar la durabilidad de la edificación especialmente mediante el control de problemas por humedad. Para ello, se puede seguir las siguientes medidas para control de humedad en las casas.

Cuadro 233: Medidas requeridas para el control de humedad en la casa.

Ubicación o equipo	Medida requerida
Áreas directamente detrás de tina, spa, regadera o muro expuesto.	Se debe utilizar recubrimientos impermeabilizantes que cumplan con la norma ASTM D 3273.
Cocina, baño, lavandería, área de spa.	Se debe utilizar pisos resistentes al agua. No se debe instalar alfombra.
Pasillos de entradas a 0.9 m de una puerta exterior accesible desde la calle.	Se debe utilizar pisos resistentes al agua. No se debe instalar alfombra.
Tanque de agua.	Se debe instalar un sistema de drenaje y una llave de cierre de paso para dicho drenaje.
Lavadora de ropa.	Se debe instalar un sistema de drenaje.
Secadora de ropa.	Dirigir el vapor de agua totalmente hacia el exterior.

Fuente: Leed for Homes.

o. Mr crédito: productos ambientalmente preferibles (5 puntos posibles). Se deben utilizar productos que fueron extraídos, procesados y manufacturados localmente (160 km a la redonda). Para el criterio anterior únicamente aplican los siguientes productos:

- Enmarcado (puertas y ventanas) (0.5 puntos).
- Agregado para concreto (0.5 puntos).
- Revestimiento interior (0.5 puntos).

Debido a que los tres productos se pueden conseguir en la distancia especificada, se puede aplicar a recibir los 1.5 puntos. Además, cada producto listado en el Cuadro 233 puede ganar 0.5 puntos por cada criterio que se muestra a continuación:

- El producto contiene por lo menos 25% de material reciclado. Para remodelaciones, los componentes existentes son considerados como material reclamado o reciclado. Los productos de madera extraída de árboles caídos o muertos también cuentan para este criterio.
- El producto contiene por lo menos 25% de contenido pre-consumidor o 50% contenido post-consumidor. El contenido “pre-consumidor” se refiere a toda materia prima que sobra en un proceso industrial y es reusada. El contenido “post-consumidor” es el reciclaje de la materia prima luego que haya pasado por el consumidor y éste lo reutiliza para otros fines.

Cuadro 234: Puntos máximos por producto con porcentaje reciclado.

Producto	Puntos máximos
Pisos	2
Cubierta del piso (alfombras)	1
Aislamiento	1
Recubrimientos	1
Marcos	1
Acabados interiores	1
Concreto: cemento o agregado	1
Techos	1

Fuente: Leed for Homes.

Se debe pedir al fabricante de cada material que muestre las especificaciones del producto para verificar el porcentaje reciclado de materia prima que contiene dicho producto.

p. Ei crédito: control de contaminación (2 puntos posibles). Se puede utilizar un encaminamiento de alfombra permanente en las entradas principales, la medida tendría que ser de al menos 1.2 metros de largo, que permita el acceso para limpieza. La alfombra permanente es requerida solo para entradas del exterior al interior ya que no son recomendadas para otras entradas. La utilización de dichas alfombras otorgaría 0.5 puntos.

También se podría contar con almacenamiento de zapatos. Diseñar un área de quitarse los zapatos y almacenarlos cerca de la entrada principal, separada de los demás ambientes. Este espacio debe adaptarse para acomodar una banca. La adaptación del espacio para quitarse los zapatos otorga otros 0.5 puntos.

Otra opción puede ser la ventilación pre habitacional, con esto se logra minimizar la contaminación que proviene de la construcción. Remover los sellos después que todas las fases de construcción estén terminadas. Cuando la construcción haya finalizado y antes que esta se ocupe, ventilar el hogar con aire fresco, al hacerlo se debe de cumplir con los siguientes lineamientos:

- Elimine el polvo de los escombros y conductos.
- Ventilar todo el hogar por 48 horas, dejando abiertas ventanas y puertas.

Aplicar la medida de la ventilación pre habitacional brinda 0.5 puntos. Cuando termine la construcción y antes de la ocupación se recomienda medir la calidad del aire, para poder obtener un punto más en este crédito y así obtener la totalidad de los dos puntos posibles. Las mediciones de aire deberán cumplir con los protocolos mostrados en el siguiente cuadro:

Cuadro 235: Concentraciones máximas de contaminante y método de muestreo.

Contaminante	Concentración máxima	Métodos ASTM y EPA	Método ISO
Formaldehído	16.3 ppb	ASTM D5197 EPA TO-11	ISO 16000-3
Partículas PM10	20 microgramos por metro cúbico	EPA IP-10	ISO 7708
Ozono	0.075 ppm	ASTM D5149-02	ISO 13964
Compuestos orgánicos (TVOCs)	200 microgramos por metro cúbico	EPA TO-1, TO-15, TO17	16000-6
Monóxido de carbono	9 ppm	EPA IP-3	ISO 4224

Fuente: Leed for Homes.

Donde:

- ppm = partes por millón.
- ppb = partes por billón (mil millones).

q. Ei crédito: ventilación de combustión (2 puntos posibles). Se pueden obtener los dos puntos de este crédito si no se instalan chimeneas ni estufas de leña. Sin embargo, se puede instalar chimeneas y proveer ventilación natural o mecánica y así obtener un punto de los dos posibles para este crédito.

r. Ei crédito: protección contra contaminación de garage (2 puntos posibles). Para la obtención de la totalidad de los dos puntos se debe instalar un carport, que se define como un espacio abierto con una pared que puede ser compartida con la casa o construcción.

13. Resultados de la aplicación de los créditos.

Cuadro 236: Sumatoria de puntos obtenidos acorde a las prácticas aplicadas en cada crédito.

Categoría	Crédito	Puntos
Ubicación y transporte	Elección del sitio	7
	Recursos de la comunidad	2
	Acceso al tránsito	1.5
Sitios sostenibles	Reducción de efecto isla de calor	2
	Manejo de agua pluvial	2
Eficiencia del agua	Uso total del agua	10
Energía y atmósfera	Distribución eficiente de agua caliente	2
	Medición de la energía	2
	Diseño de energía solar	1
	Equipo eficiente de agua caliente	3
	Iluminación	2
	Electrodomésticos de bajo consumo	2
	Energía renovable	4
Materiales y recursos	Verificación de durabilidad y gestión	1
	Productos ambientalmente preferibles	4
Calidad de entornos interiores	Control de contaminación	2
	Ventilación de combustión	1
	Protección contra contaminación de garage	2
Total de puntos		51

Fuente: Elaboración propia.

14. Razones para certificar una casa. La certificación verde guía y promueve a los proyectos para que estos sean innovadores, ahorren dinero, conserven energía y reduzcan su consumo de agua. Mediante un vigoroso proceso, la certificación confirma que un edificio, vivienda o comunidad cumple con ciertos requerimientos y puede ser de confianza para los compradores y usuarios.

El invertir para que una construcción llegue a tener una certificación puede traer múltiples beneficios. En primer lugar, una casa con certificación tiene gastos menores para operar que una que no la tiene, la reducción en las facturas de agua y energía se puede reducir hasta un 40%. En promedio, los hogares con certificación utilizan de 20 a 30% menos energía que las casas convencionales, que se traduce en un notable ahorro en las facturas de servicios públicos cada mes. Además, se ha demostrado que la "etiqueta verde" de una casa puede añadir una prima promedio de 9% al precio, es decir, los hogares verdes se valoran más alto que los tradicionales. Estos beneficios financieros tangibles proporcionan un punto de entrada para que exista un movimiento de la construcción ecológica más amplio, demostrando claramente los méritos de tomar decisiones más sostenibles (Easton, J. 2012).

Las casas verdes están diseñadas para ser saludables, proporcionando aire limpio e incorporando materiales de construcción seguros para garantizar un hogar confortable. El uso de menos energía y agua significa reducir las facturas de servicios públicos cada mes y en muchos mercados las casas certificadas como verdes se están vendiendo más rápido y por más dinero que los hogares no verdes comparables.

Los constructores de casas y desarrolladores que han abrazado el concepto de edificio ecológico, dicen que los cuatros atributos de diseño de edificios verdes son: el control de la ventilación, control de temperatura, mayor control de la iluminación y aumento de la luz del día. Estos cuatro atributos han sido elementos clave para el aumento de los niveles de productividad.

El hogar típico gasta alrededor de $2,150.00 al año en facturas de energía residencial, por otro lado las viviendas con certificación son construidas para hacer energéticamente eficientes, asegurando que la casa puede estar cómodamente con calefacción y aire acondicionado con un uso mínimo de energía (Easton, J. 2012).

Los proyectos verdes deben de cumplir con Energy Star en sus hogares, lo que puede reducir la factura energética en un 20%, esto equivale a un ahorro de entre $200-$400 al año, lo cual llega a sumar potencialmente mucho dinero ahorrado durante los siete u ocho años que un dueño vive normalmente en una casa. Hasta la fecha, más de un millón de hogares que cumplen con los requisitos le han ahorrado a sus consumidores un estimado de $200 millones anuales (Easton, J. 2012).

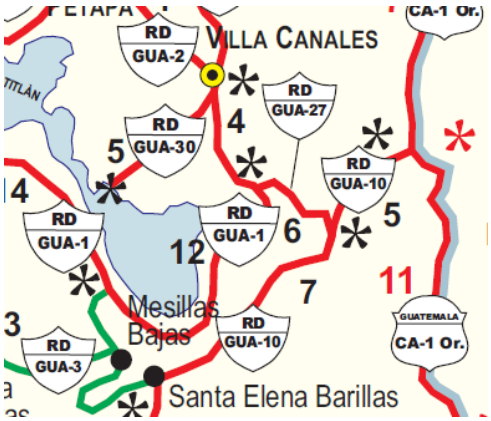
Recientes investigaciones encontraron que entre 2007 a principios de 2012 el valor de las viviendas en California con una etiqueta de certificación verde era un promedio de 9% superior a casas comprables que no estaban certificadas (Easton, J. 2012).

La certificación verde se encuentra en la parte superior de una lista de un ranking de atributos individuales que los consumidores califican en lo que sus hogares deben tener, los consumidores calificaron la eficacia verde/energía como su mayor requisito para sus casas de ensueño. El 60% dijo que el verde y eficiente de la energía son servicios que quieren en su próxima casa. Un estudio de 2008 realizado por McGraw-Hill Construction y USGBC constató que el precio medio de las viviendas ecológicas compradas por los encuestados fue de $296,000.00, esto deja en evidencia que las casas ecológicas se pueden construir por el mismo costo que las casas convencionales (Easton, J. 2012).

Las casas verdes tienen un mayor valor de reventa y están en el mercado por menos tiempo que las casas convencionales comparables. El estudio The Earth Advantage en 2011 encontró que, en promedio, las viviendas con certificación verde se venden por un 8% más que los hogares no certificados (Easton, J. 2012).

15. Análisis de la situación vial existente. En el área de influencia del proyecto "Condado Santa Elena" se encuentran las siguientes rutas clasificadas según su funcionalidad.

Ilustración 244: Fragmento del mapa de red vial 2011.



Fuente: Dirección general de caminos.

Estas carreteras departamentales según el mapa de la red vial de la república de Guatemala generado por Caminos el 2011, son las siguientes:

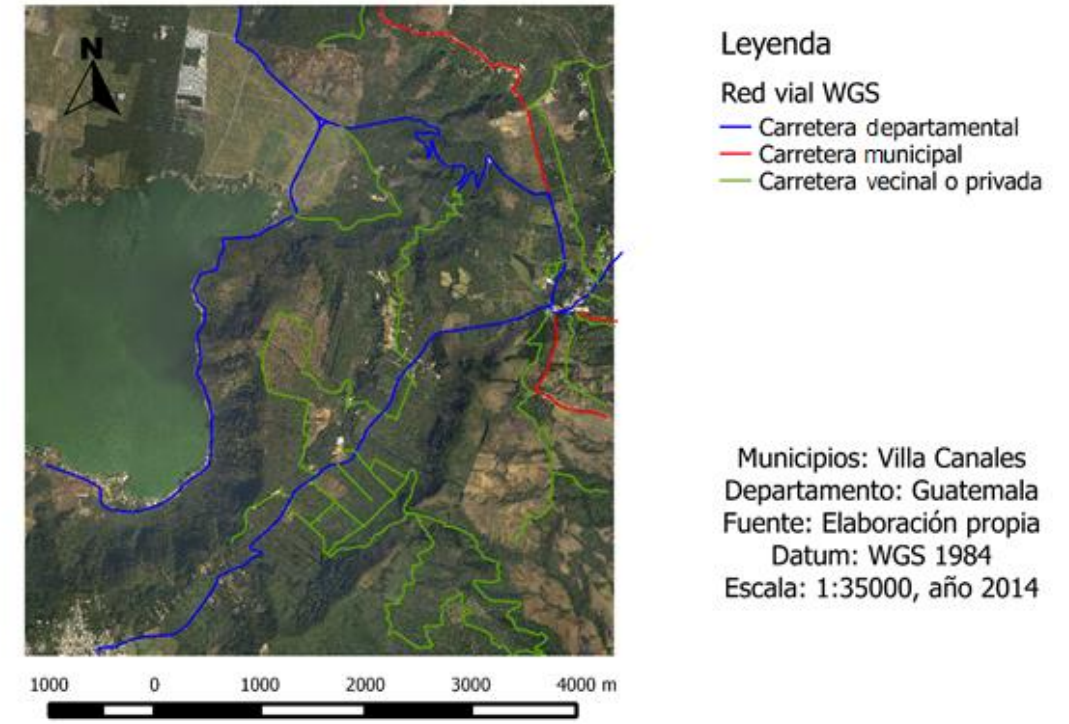
- GUA-10: es la de mayor importancia para el proyecto, ya que esta es la que atraviesa el área óptima para el desarrollo del proyecto "Condado Santa Elena".
- GUA-1: circunvale al lago de Amatitlán y conecta a Villa Canales.
- GUA-27: conecta GUA-1 con GUA-10. Esta carretera cuenta con curvas de radios muy pequeños (ganchos) y altas pendientes (desde 8% hasta 15%).

Como carretera municipal se puede mencionar:

- Carretera a el Tablón – Villa Canales.

Para mayor claridad se presenta una fotografía aérea donde se han marcado las rutas viales mencionadas anteriormente con diferentes colores.

Ilustración 245: Clasificación funcional de carreteras dentro del proyecto “Condado Santa Elena”.



Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la investigación de la red vial existente en el área, se realizó una estimación de los kilómetros de carreteras que están pavimentadas y las que no están pavimentadas con el fin de clasificar la red vial dentro del proyecto según su estado.

Esta estimación se realizó con la clasificación funcional de carreteras dentro del proyecto “Condado Santa Elena” y con las herramientas geométricas de QGIS. Se consideró como carretera pavimentada como aquellas cuyas superficies de rodadura eran carpetas asfálticas, tratamientos superficiales, concreto o adoquines. Las carreteras no pavimentadas analizadas son caminos internos dentro de las fincas los cuales están formados por tierra, grava o afirmadas con material granular.

De dicho análisis el resultado es el siguiente:

Cuadro 237: Infraestructura red vial.

Infraestructura red vial	
Pavimentadas	30.202 Kms.
No pavimentadas	32.624 Kms.

Fuente: Elaboración propia.

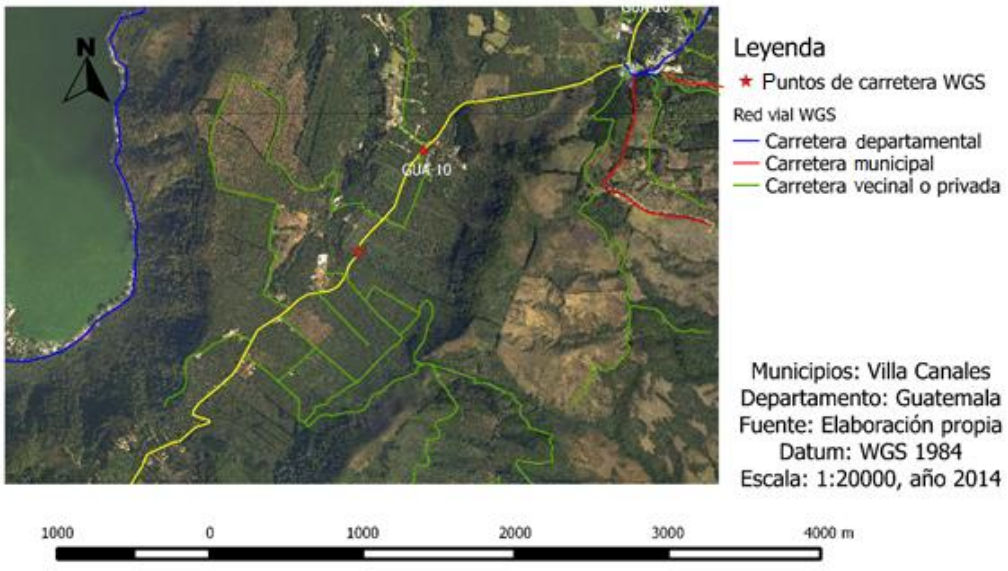
Se puede concluir que un 48% de las carreteras dentro del área están pavimentadas. Para referencia, según informes del Banco Mundial (2011), la red vial de Guatemala tiene un índice de 44.8% de carreteras pavimentadas contra carreteras no pavimentadas. (Grupo del Banco Mundial, 2014)

a. Análisis de la situación vial existente. La situación vial existente se puede analizar desde dos aspectos importantes: estado de la carretera actual y las características del tránsito que la utiliza.

1) Análisis del estado actual de las carreteras. Se realizó una visita de campo para observar el estado de la carretera de acceso de mayor importancia para el proyecto "Condado Santa Elena", GUA-10.

Se realizaron mediciones cuantitativas y observaciones cualitativas en puntos específicos de la carretera para medir sus propiedades: el ancho de carril, presencia de cunetas, pavimentación, mantenimiento/baches, *etc*. A continuación se presenta un mapa con los puntos en donde fueron realizas dichas mediciones e información de la investigación realizada.

Ilustración 246: Puntos de mediciones de carreteras.



Fuente: Elaboración propia.

a) Carretera GUA-10.

Punto uno.

- Ancho de cada carril: 2.80m.
- Ancho de hombro: 0m.
- No presencia cunetas.
- Tramo pavimentado.
- Presencia de baches y reparaciones.

Punto dos:

- Ancho de carril: 2.60 y 2.70m.
- Ancho de hombro: 0m.
- No presencia cunetas.
- Tramo pavimentado.
- Presencia baches y reparaciones.

Ilustración 247: Fotos del estado de la carretera en el punto de medición #1.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 248: Fotos del estado de la carretera en diferentes puntos.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 249: Ausencia de hombros y cunetas.



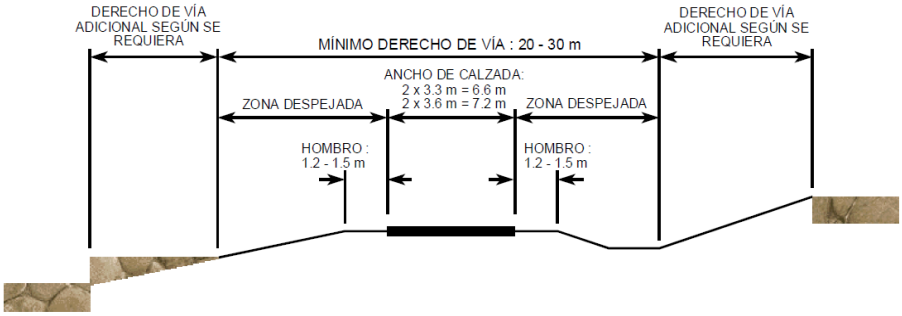
Fuente: Elaboración propia.

Lo deseable en las carreteras es que estas cuenten con cunetas para que se tenga un drenaje apropiado y se disminuyan los problemas hidráulicos ya que estos ocasionan deterioro a las capas del pavimento y reducen su vida útil. Las carreteras han tenido un mayor deterioro por la falta de drenajes, falta de mantenimiento y cargas y volúmenes de transito superiores a la capacidad del pavimento. En todo caso al momento dado, independientemente del desarrollo del proyecto “Condado Santa Elena”, es necesario una rehabilitación o reconstrucción de las carreteras pavimentadas.

El ancho de carril de 3.0 metros de ancho es aceptable para el caso de vías diseñadas para baja velocidad. El mínimo tolerable es de 2.7 metros en caminos rurales de poco tránsito. El ancho de carril deseable es de 3.3m a 3.6m. Asimismo, se recomienda un mínimo de 1.2m de ancho de hombro por lado. Está claro que 2.7m de ancho de carril no es suficiente actualmente y mucho menos si se incrementan los volúmenes de tránsito en esta carretera.

Con base a lo anterior se concluye que es necesario tomar estas consideraciones al momento de realizar una rehabilitación, la cual es imperante.

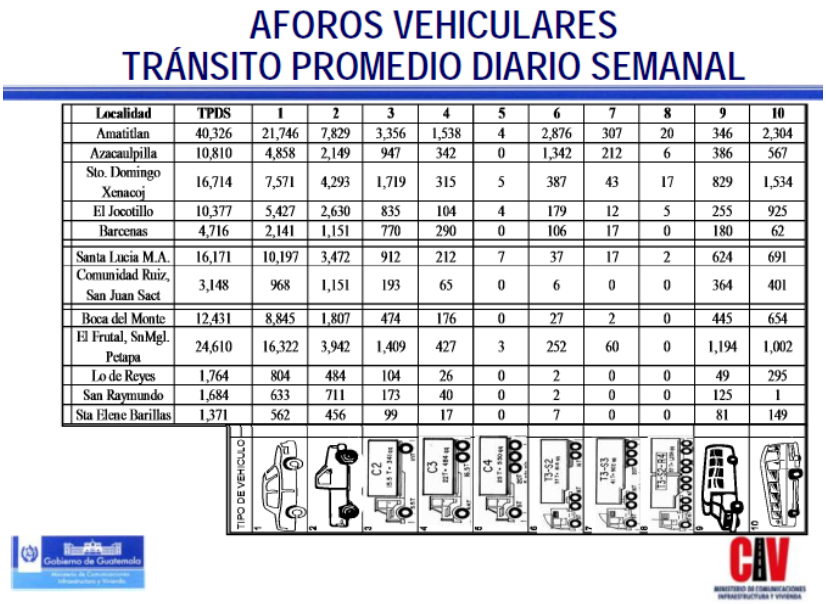
Ilustración 250: Derecho de vía y sección transversal típica de una carretera.



Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA.

2) Análisis del tránsito de la GUA-10. Debido a que el tránsito cambia según el día de la semana, la semana del mes, la estación o época del año, es necesario contar con estadísticas de períodos largos de evaluación del tránsito para analizar el comportamiento de los diferentes volúmenes y tipos de vehículos que nos permitan evaluar las cargas que se aplicaran a la estructura de pavimento de mejor forma. Por las limitaciones de recursos no se realizó un aforo vehicular específico para este proyecto. Un aforo representativo debe realizarse durante las 24 horas del día y por periodos continuos largos de tiempo. Por tal motivo, se han utilizado en este trabajo, los cálculos del aforo vehicular del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala (CIV) que se realizó el 2007. Este aforo proporciona una idea de la composición del tráfico que transita desde la ciudad de Guatemala hacia Santa Elena Barillas, es decir, por la GUA-10 y el área de interés del proyecto "Contado Santa Elena".

Ilustración 251: Aforos vehiculares.



Localidad	TPDS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amatitlan	40,326	21,746	7,829	3,356	1,538	4	2,876	307	20	346	2,304
Azacaulpilla	10,810	4,858	2,149	947	342	0	1,342	212	6	386	567
Sto. Domingo Xenacoj	16,714	7,571	4,293	1,719	315	5	387	43	17	829	1,534
El Jocotillo	10,377	5,427	2,630	835	104	4	179	12	5	255	925
Barcenas	4,716	2,141	1,151	770	290	0	106	17	0	180	62
Santa Lucia M.A.	16,171	10,197	3,472	912	212	7	37	17	2	624	691
Comunidad Ruiz, San Juan Sact	3,148	968	1,151	193	65	0	6	0	0	364	401
Boca del Monte	12,431	8,845	1,807	474	176	0	27	2	0	445	654
El Frutal, SnMgl. Petapa	24,610	16,322	3,942	1,409	427	3	252	60	0	1,194	1,002
Lo de Reyes	1,764	804	484	104	26	0	2	0	0	49	295
San Raymundo	1,684	633	711	173	40	0	2	0	0	125	1
Sta Elene Barillas	1,371	562	456	99	17	0	7	0	0	81	149

Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala, 2007.

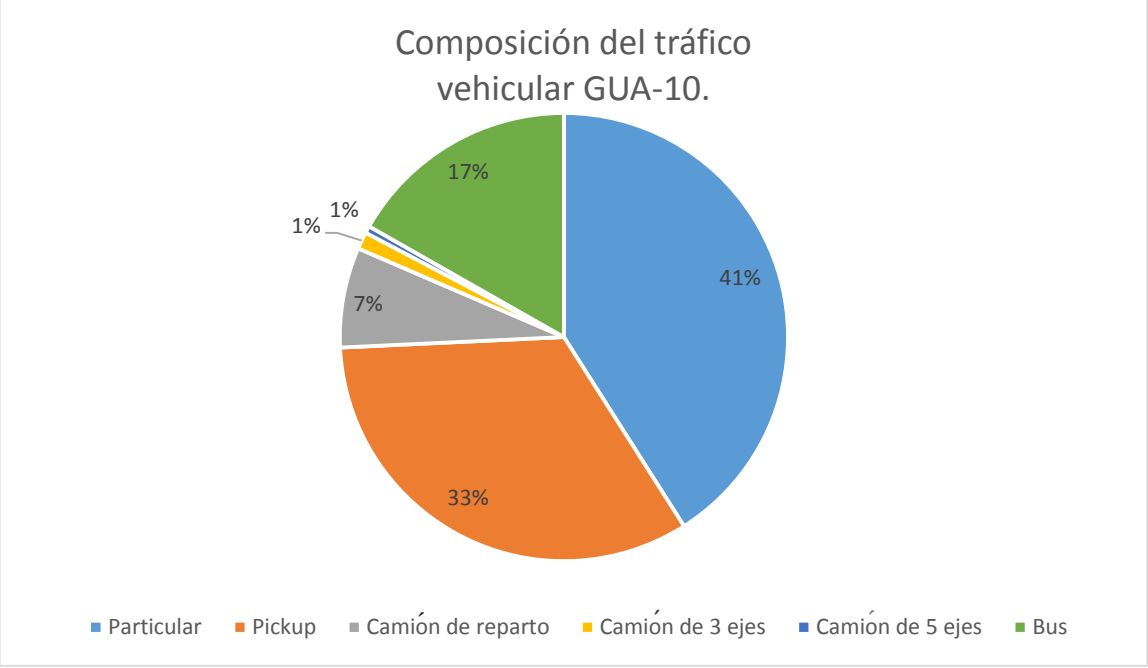
Si bien los volúmenes de tránsito se han incrementado en los últimos años, este estudio del parque vehicular realizado por el ministerio nos ayuda a determinar la composición del tráfico que con la que cuenta el área de trabajo. Se confirmó la composición al momento de hacer las visitas a campo, porque no se presenció de vehículos pesados, únicamente livianos y buses. En la Ilustración 253 se puede observar que, según los datos del CIV, el 41% del tránsito es de vehículos particulares, el 33% de vehículos tipo pickup, 7% de camiones de reparto, 1% de vehículos pesados y un 11% de buses.

Ilustración 252: Composición del tráfico.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 253: Composición del tráfico vehicular GUA-10.



Fuente: Elaboración propia.

16. Diseño estructural de pavimento.

a. Determinación de los volúmenes y cargas de tránsito.

1) Determinación de volúmenes de tránsito. La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizarán la vía por día. El número de vehículos que utilizarán la vía depende del uso del suelo dentro del proyecto y de la magnitud del área que se le vaya a destinar.

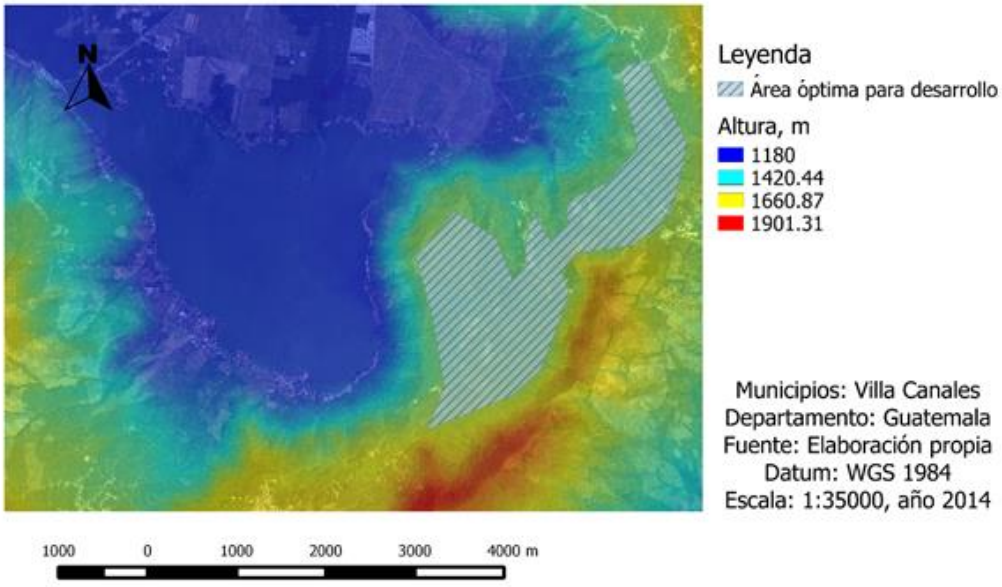
Cuadro 238: Uso de suelo común dentro de un proyecto.

Uso del suelo
Residencial
Comercial
Oficinas
Industrial y otros usos
Áreas verdes

Fuente: Municipalidad de Guatemala.

Para determinar la superficie de obra destinada para cada uso del suelo específico dentro del proyecto, primero se debe conocer el área para el desarrollo del proyecto. Las curvas de nivel ayudan a identificar las áreas con menor pendiente, las cuales son ideales para el desarrollo del proyecto. Con estos criterios y con herramientas de geografía de QGIS se logró determinar el área óptima para el desarrollo del proyecto y la magnitud del área, 4, 252,701.67 m^2 o 4.25 km^2. Esta área da una base para asignarle una proporción a cada uso del suelo y así estimar los volúmenes y cargas de tránsito que utilizarán las vías dentro del proyecto.

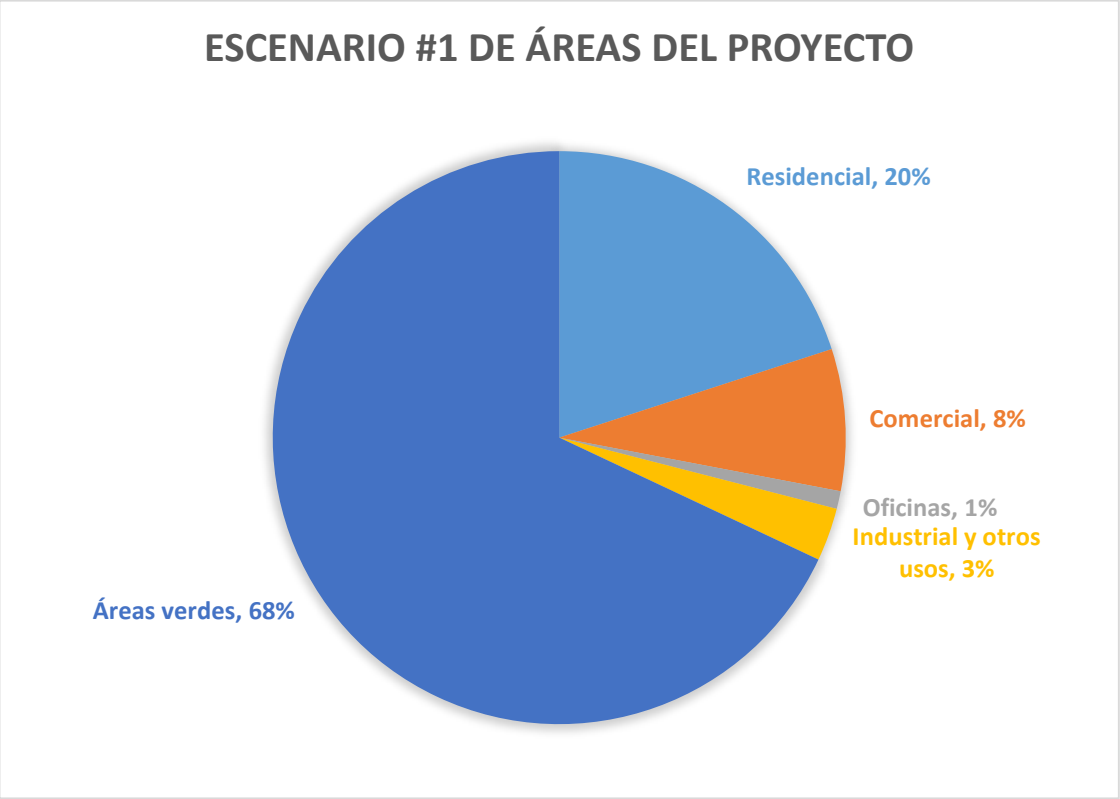
Ilustración 254: Área de estudio para el análisis del desarrollo vial.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a que no se tiene una proporción predefinida se realizaron tres posibles escenarios en los cuales se puede llegar a desarrollar el proyecto. Estas representan diferentes distribuciones de área en las que se podría desarrollar el proyecto. Si el área del proyecto tiene un aproximado de 4.25km^2 y se distribuyen las áreas de la siguiente forma, se tendrían las siguientes áreas (m^2) para desarrollo.

Ilustración 255: Propuesta de escenario #1 de áreas del proyecto.



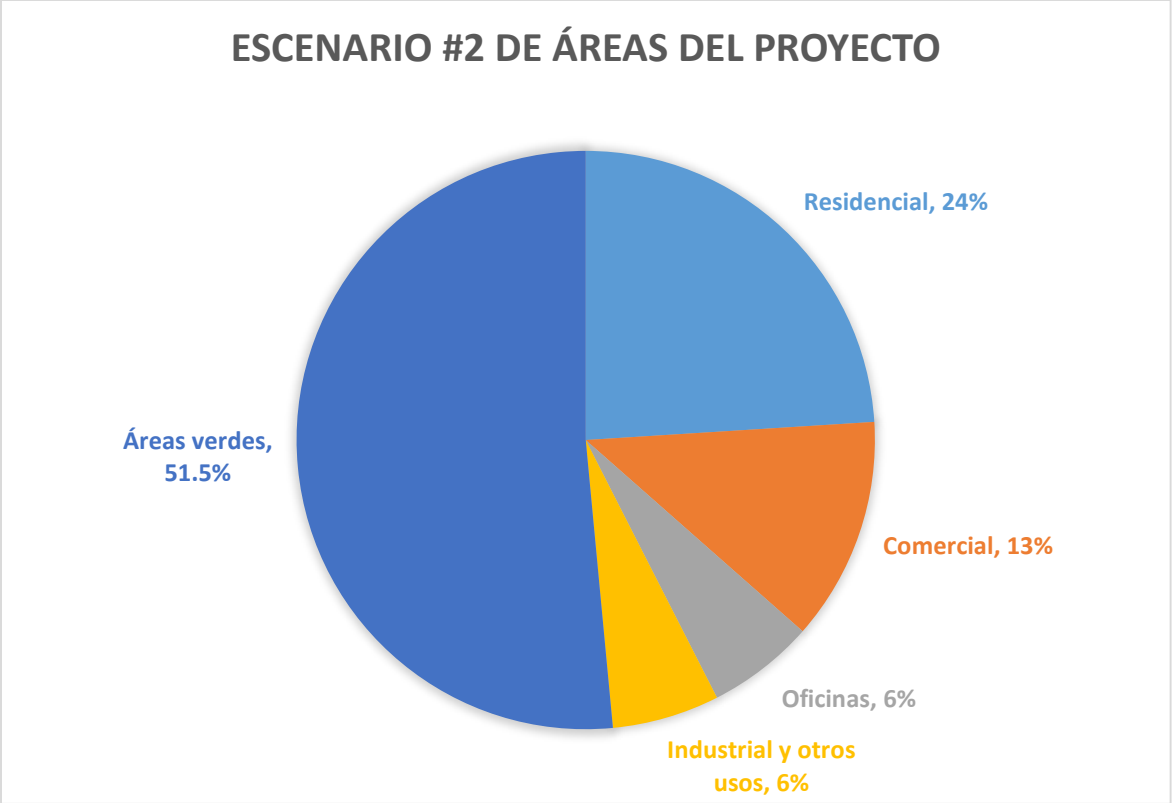
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 239: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #1.

Uso del suelo	Distribución de áreas del proyecto	Área (m^2)
Residencial	20%	850,540
Comercial	8%	340,216
Oficinas	1%	42,527
Industrial y otros usos	3%	127,581
Áreas verdes	68%	2,891,837

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 256: Propuesta de escenario #2 de áreas del proyecto.



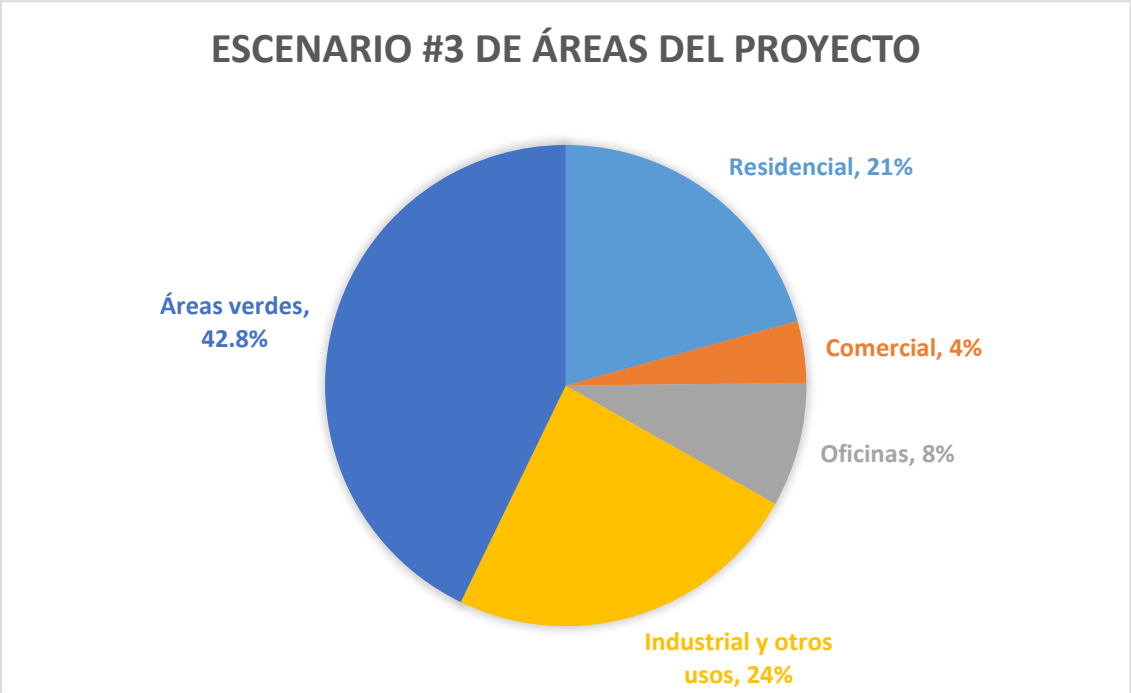
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 240: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #2.

Uso del suelo	Distribución de áreas del proyecto	Área (m^2)
Residencial	24%	1,020,648
Comercial	13%	531,587
Oficinas	6%	255,162
Industrial y otros usos	6%	255,162
Áreas verdes	52%	2,190,141

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 257: Propuesta de escenario #3 de áreas del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 241: Estimación de áreas destinadas para determinados usos, escenario #3.

Uso del suelo	Distribución de áreas del proyecto	Área (m^2)
Residencial	21%	879,024
Comercial	4%	176,781
Oficinas	8%	355,554
Industrial y otros usos	24%	1,020,648
Áreas verdes	43%	1,820,694

Fuente: Elaboración propia.

Se recomienda destinar un bajo porcentaje a oficinas, así como al desarrollo industrial para destinarlo más a las áreas verdes y proyectos turísticos ya que el aspecto ambiental es de mucha importancia para los desarrolladores del proyecto. Sin embargo, en la propuesta #3 se le asignó mayor porcentaje debido a que el sector industrial es el más crítico desde el punto de vista estructural de pavimentos.

A continuación se presentan diferentes escenarios, según las tablas anteriores, donde se muestra el área estimada por uso individual, vehículos por uso individual para determinar el total de vehículos diarios que utilizarían las vías.

Cuadro 242: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #1.

Uso del suelo	Área (m^2)	Área por uso (m^2)	Vehículos por uso	Viajes por día	Vehículos por día
Residencial	850,540	500	3	3	15,310
Comercial	340,216	200	3	2	10,206
Oficinas	42,527	120	3	2	2,126
Industrial y otros usos	127,581	1,000	6	2	1,531
Áreas verdes	2,891,837	0	0	0	0
Sumatoria					29,174

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 243: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #2.

Uso del suelo	Área (m^2)	Área por uso (m^2)	Vehículos por uso	Viajes por día	Vehículos por día
Residencial	1,020,648	500	3	3	18,372
Comercial	531,588	200	3	2	15,948
Oficinas	255,162	120	3	2	12,758
Industrial y otros usos	255,162	1,000	6	2	3,062
Áreas verdes	2,190,141	0	0	0	0
Sumatoria					50,139

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 244: Cálculo de volumen de tránsito según la composición del escenario #3.

Uso del suelo	Área (m^2)	Área por uso (m^2)	Vehículos por uso	Viajes por día	Vehículos por día
Residencial	879,024	500	3	3	15,822
Comercial	176,781	200	3	2	5,303
Oficinas	355,554	120	3	2	17,778
Industrial y otros usos	1,020,648	1,000	6	2	12,248
Áreas verdes	1,820,694	0	0	0	0
Sumatoria					51,151

Fuente: Elaboración propia.

Con este cálculo, se obtiene la cantidad de viajes que aproximadamente generará el proyecto, en vehículos/día. Esta información se utilizará para estimar los volúmenes de tránsito, como también para el impacto vial a la red existente.

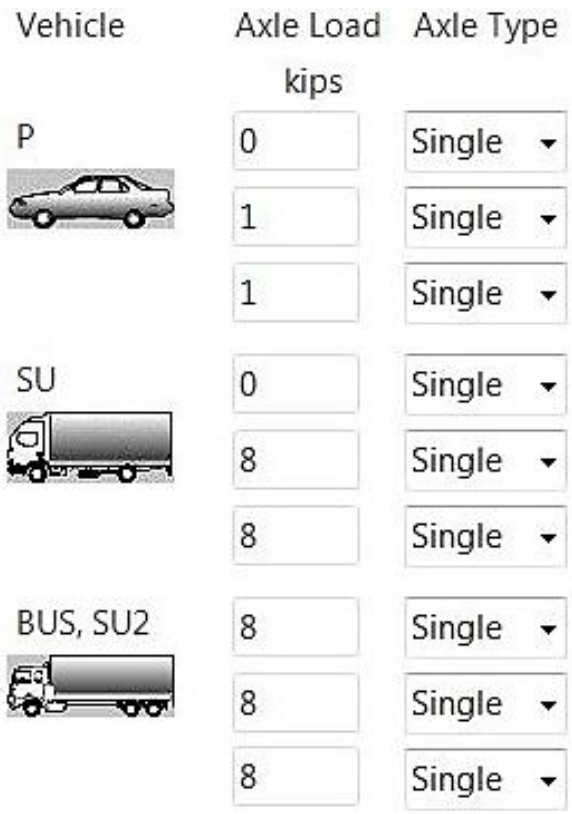
Cuadro 245: Cuadro resumen de cálculo de vehículos diarios según cada escenario.

Escenario	Vehículos/día
1	29,174
2	50,139
3	51,151

Fuente: Elaboración propia.

2) Determinación de cargas de tránsito. La carga total por eje no debe ser mayor a 8 kips (35.6 KN.) donde 1 ton equivale a 2.24 kips. La carga mayor de un eje de un vehículo particular (P) es de 1kip y la carga de un eje de un pickup de 1.5 a 2 kip. Buses, camión de reparto (SU) son de 8 kips, al igual que un camión de tres ejes.

Ilustración 258: Tipo de vehículos que transitan por el área de desarrollo del proyecto.



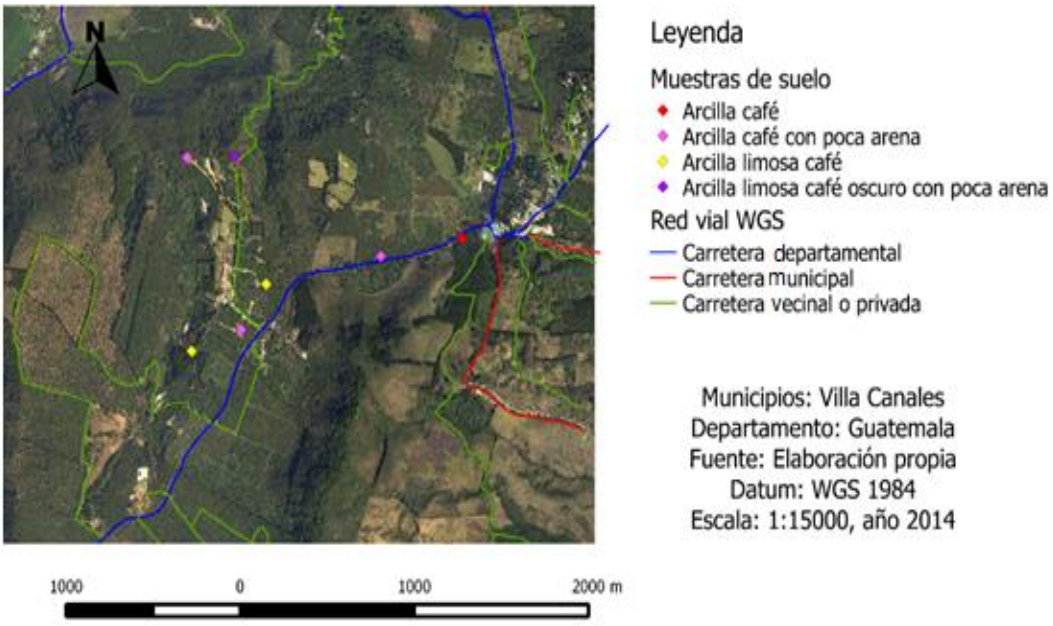
Fuente: Elaboración propia.

b. Análisis del terreno de fundación.

1) Toma de muestras. Con el objetivo de verificar si la subrasante del terreno es del mismo material, se estableció una estrategia para efectuar la toma de muestras y, a partir de ello, se tomaron las muestras necesarias en cada perforación. En total se tomaron siete puntos de muestras espaciados a más de 300 metros entre cada uno. Abarcando un área de 800 m^2 entre los puntos.

Para la toma de muestras de suelos se realizaron calicatas de profundidad variable, pero siempre siendo más de ochenta centímetros de profundidad, asegurando de no tomar el suelo orgánico o vegetal. Antes de profundizar se limpiaba el área para evitar que hubiera vegetación. Cada muestra fue identificada y numerada para el control en los ensayos de laboratorio.

Ilustración 259: Puntos de muestra de suelo dentro del proyecto "Condado Santa Elena".



Fuente: Elaboración propia.

Al hacer pruebas preliminares se pudo clasificar visualmente el tipo de material con el que contaba las muestras. Se clasificaron mayormente como arcillas. Hubo unas muestras que contaban con presencia de partículas de arena y/o limos.

Ilustración 260: Preparación para hacer la calicata.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 261: Calicata.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 262: Calicata.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 263: Calicata.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 264: Muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente las muestras de suelo obtenidas fueron enviadas a un laboratorio para que se realizaran los análisis que determinan sus propiedades fundamentales.

c. Análisis de laboratorio. Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta en las muestras de suelo, se obtienen de los ensayos de granulometría, límites de consistencia, peso unitario (Proctor) y valor soporte. Los ensayos de laboratorio de las muestras fueron realizados por la empresa CONCAL.

1) Granulometría. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 246: Clasificación granolumétrica.

Tipo de material	Rango	Tamices norma ASTM E -11/95
Grava	76.2 mm hasta 2 mm	Hasta tamiz No. 10
Arena gruesa	2 mm hasta 0.425 mm	Hasta tamiz No. 40
Arena fina	0.425 mm hasta 0.075 mm	Hasta tamiz No. 200
Limos y arcillas	Menor que 0.075mm	

Fuente: AASHTO 1993.

Cuadro 247: Resultados granulométricos de las muestras.

Granulometría de las muestras		
No. muestra	Tamaño máximo	% pasa 200
1	4.75 mm	80.9
2	4.75 mm	70.9
3	4.75 mm	75.6
4	4.75 mm	77.9
5	4.75 mm	83.8
6	4.75 mm	67.5
7	4.75 mm	81.8

Fuente: CONCAL.

2) Límites de consistencia. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL) determinación según norma MTC E 110, el límite plástico (LP) determinación según norma MTC E 111. El límite líquido se define como el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido y el límite plástico como la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo. Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que indica la plasticidad del material. El IP se define como la diferencia entre LL y LP: IP = LL – LP. A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

El índice de plasticidad permite clasificar bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Cuadro 248: Clasificación según índice de plasticidad.

Índice de plasticidad	Característica
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: AASHTO 1993.

Se debe tener en cuenta que en un suelo el contenido de arcilla es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua. Cabe mencionar que aunque sea peligroso no necesariamente debe desecharse su uso.

Cuadro 249: Límites de consistencia de muestras de suelos.

Límites de consistencia de la muestras			
Muestra No.	LL	LP	IP
1	59.4	40.6	18.8
2	53.3	36.1	17.2
3	61.2	45.1	16.1
4	60.7	46.1	14.6
5	59.7	48.2	11.5
6	49.2	37	12.2
7	55	32.3	22.7

Fuente: CONCAL.

3) Clasificación de los suelos. La clasificación de suelos es el indicador de las propiedades físico-mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como subrasante es la clasificación de AASHTO M-145.

Cuadro 250: Clasificación AASHTO de las muestras de suelo.

Clasificación de la muestras		
Muestra No.	Clasificación AASHTO	Índice de grupo
1	A-7-5	19
2	A-7-5	14
3	A-7-5	16
4	A-7-5	16
5	A-7-5	16
6	A-7-5	9
7	A-7-5	21

Fuente: CONCAL.

Conforme AASHTO, un suelo fino es el que tiene más del 35% que pasa el tamiz No. 200, los cuales se clasifican como A-4, A-5, A-6 o A-7. Dos suelos considerados finos que tengan granulometrías similares pueden llegar a tener propiedades diferentes dependiendo de su plasticidad, cualidad que se analiza en el suelo que pasa el tamiz No. 40; dichas propiedades de plasticidad se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg.

4) Peso unitario. El suelo (en bases de carreteras) se compacta a un estado denso para obtener propiedades geotécnicas apropiadas como resistencia al corte, compresibilidad, permeabilidad. Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para conseguir las propiedades geotécnicas requeridas, y para llevar el control durante la construcción que permita asegurar que se alcancen los contenidos de agua y la compactación requerida.

Cuadro 251: Resultados del ensayo Proctor.

Ensayos Proctor de las muestras		
Muestra No.	PUS (kg/m^3)	% Humedad óptimo
1	1384	30.5
2	1416	32.1
3	1390	30.7
4	1281	34.5
5	1275	34.3
6	1499	25.5
7	1412	32.4

Fuente: CONCAL.

5) Valor soporte California (CBR, AASHTO T-193). En este ensayo se mide la resistencia que opone un suelo a la penetración de un pistón de 3 plg^2 de área en una muestra de suelo de 6 pulgadas de diámetro y 5 pulgadas de altura, a una velocidad de 1.27mm/min. La definición del CBR es el cociente de la fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5mm en un suelo dentro de la fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5mm en la muestra patrón. Esta relación da un valor que se indica en porcentaje, el cual puede ser 2-4% para arcillas plásticas o un 70% o mayor, para materiales granulares de buena calidad.

El método del CBR para diseño de pavimentos fue uno de los primeros en utilizarse ya que indica que a menor valor de CBR de la subrasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

Cuadro 252: CBR de muestras de suelo.

Ensayos CBR de las muestras		
Muestra No.	CBR (95%)	% Hinchamiento
1	10.2	2.7
2	6.4	2.8
3	9.8	2.5
4	13	1.2
5	12.4	1.6
6	14.5	1.4
7	6.2	3

Fuente: CONCAL.

Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), la práctica recomienda utilizar el valor del percentil 85. Para este trabajo, ya que se efectuaron siete ensayos de CBR, el criterio aplicado para la selección de un valor único de soporte del suelo fue de utilizar el menor. De igual manera al momento de construcción, en caso encontrar materiales con propiedades menores, se recomienda eliminar esa capa de material inadecuado y se colocar un material granular con CBR mayor para su estabilización. Se identificarán cinco categorías de subrasante las cuales permiten conocer el grado de calidad de la subrasante.

Cuadro 253: Clasificación de subrasante según su CBR.

CBR	Clasificación
< 3%	Subrasante muy pobre
3% - 5%	Subrasante pobre
6 - 10%	Subrasante regular
11 - 19%	Subrasante buena
> 20%	Subrasante muy buena

Fuente: AASHTO 1993.

d. Análisis de diseño y determinación de capas estructurales.

1) Determinación de ejes equivalentes (ESALs). Para determinar los ESALs totales rígidos o flexibles, la AASHTO se basa en los siguientes criterios para poder calcularlos.

a) Tipo de vehículo. Los tipos de vehículos dentro del proyecto que se considera que transitarán diariamente por las vías a diseñar son los vehículos particulares, tipo pickup, camiones de reparto y camiones de tres ejes.

b) Carga de eje. La carga total de eje de un vehículo particular es de una tonelada (1 kip). La carga de eje de un camión de reparto o de tres ejes es de ocho toneladas (8 kips).

c) Tipo y número de ejes. Todos los tipos de vehículos que se consideran que transitarán dentro del proyecto tienen un eje simple. Con las proporciones calculadas anteriormente se le asigna que el 100% de los vehículos que van a ingresar al área residencial, comercial y de oficinas van a ser vehículos particulares. Si bien hay un porcentaje de camiones de reparto que ingresan a estas áreas, son mínimos en relación. En el área industrial se asignó que un 60% de los vehículos son de dos ejes y un 40% de los vehículos son de tres ejes. Este cálculo permite calcular los ejes equivalentes para cada caso o escenario anteriormente descrito.

Cuadro 254: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #1).

Escenario #1		Composición (vehículos)		
Uso del suelo	Vehículo/día	Particular	2 ejes	3 ejes
Residencial	15309.73	15309.73	-	-
Comercial	10206.48	10206.48	-	-
Oficinas	2126.35	2126.35	-	-
Industrial y otros usos	1530.97	-	918.58	612.39
Áreas verdes	-	-	-	-
Sumatoria	29173.53	27642.56	918.58	612.39

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 255: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #2).

Escenario #2		Composición (vehículos)		
Uso del suelo	Vehículo/día	Particular	2 ejes	3 ejes
Residencial	18371.67	18371.67	-	-
Comercial	15947.63	15947.63	-	-
Oficinas	12758.11	12758.11	-	-
Industrial y otros usos	3061.94	-	1837.17	1224.78
Áreas verdes	-	-	-	-
Sumatoria	50139.35	47077.41	1837.17	1224.78

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 256: Distribución de volumen de tránsito dentro del proyecto (Escenario #3).

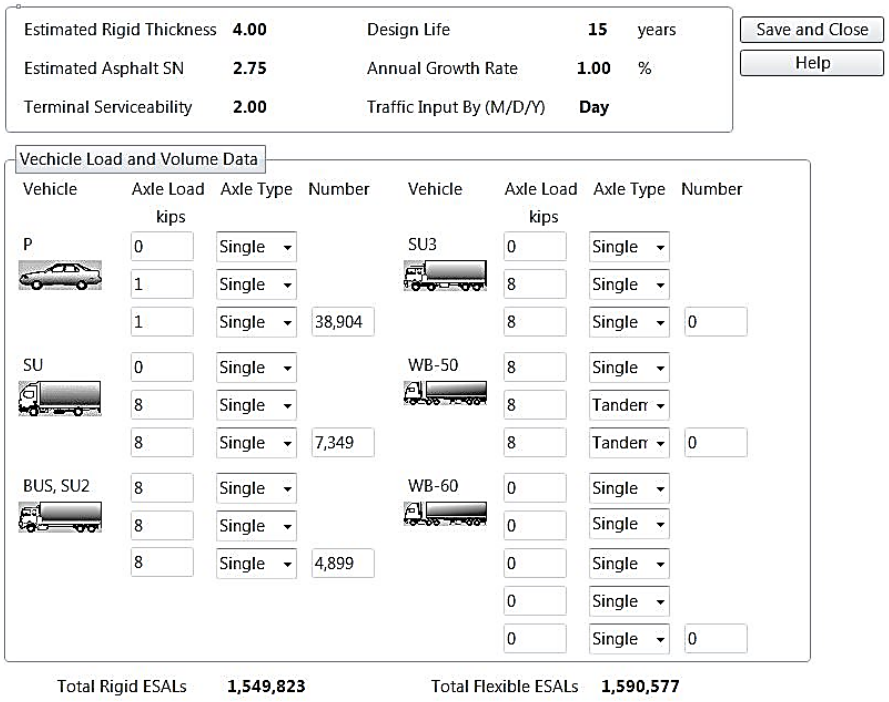
Escenario #3		Composición (vehículos)		
Uso del suelo	Vehículo/día	Particular	2 ejes	3 ejes
Residencial	15822.44	15822.44	-	-
Comercial	5303.43	5303.43	-	-
Oficinas	17777.69	17777.69	-	-
Industrial y otros usos	12247.78	-	7348.67	4899.11
Áreas verdes	-	-	-	-
Sumatoria	51151.34	38903.56	7348.67	4899.11

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró un crecimiento anual de 1% debido a que se está diseñando a la máxima capacidad del proyecto y se espera que el crecimiento no lo exceda. Se calculó con una vida de diseño de 15 años, considerando que el desarrollo total del proyecto dure cinco años y su población total 7.5 años.

Esta información se ingresó al programa de diseño estructural AASHTO (WINPAS) para calcular el total de ejes equivalentes (ESALs) flexibles para las tres proporciones. Sin embargo, se pueden calcular utilizando las tablas y ecuaciones que proporciona AASHTO 1993. A continuación se muestra la interfaz del programa de diseño con los datos de vehículos del escenario #3 y los resultados obtenidos para cada escenario.

Ilustración 265: Interface de WINPAS para el cálculo de ESALs (Escenario #3).



Fuente: WINPAS

Cuadro 257: Resumen de ejes equivalentes por escenario.

Escenario	Ejes equivalentes
1	200,866
2	401,042
3	1,590,577

Fuente: Elaboración propia.

2) Selección de tipo de pavimento a utilizar. Los volúmenes de tránsito esperados no son tan altos para utilizar pavimento rígido (concreto). AASHTO y manuales de diseño consideran utilizar pavimentos flexibles para los volúmenes y cargas de tránsito que afectarán al proyecto.

3) Determinación de capas estructurales. Para calcular el número estructural requerido para el volumen y carga de tráfico de diseño se tienen que considerar varios aspectos. Tales como el factor de confiabilidad, capacidad de servicio inicial y final, módulo resiliente de la subrasante.

El módulo resiliente o módulo de resiliencia de la subrasante se estimó por medio de la correlación establecida en el Proyecto 128 de NCHRP. Esta consiste en relaciones empíricas que se han desarrollado entre el valor de CBR (relación de soporte California), el uso de la compactación dinámica, el valor R y el módulo resiliente de la subrasante. Aunque la ecuación 1.5.1 de la Guía AASHTO sugiere una relación de 1.500*CBR para el módulo resiliente de la subrasante, esta correlación sólo es válida para suelos de grano fino con un bajo valor de CBR. A continuación se muestra un cuadro que compara los valores de CBR con los sus módulos de resiliencia.

Cuadro 258: Correlación entre CBR y módulo resiliente de la subrasante.

Valor de CBR	Módulo resiliente de la subrasante, psi
2	3120.2
3	4118.2
4	5014.5
5	5842
6	6618.5
7	7355
8	8058.9

Fuente: WINPAS.

Valores como el factor de confiabilidad (80%), capacidad de servicio inicial (4.00), capacidad de servicio final (2.00) y la desviación estándar general (0.45) se determinaron por medio de ASSHTO 1993. Los valores de requerimiento estructural (SN) utilizados, obtenidos para cada escenario de uso de suelo, son los siguientes.

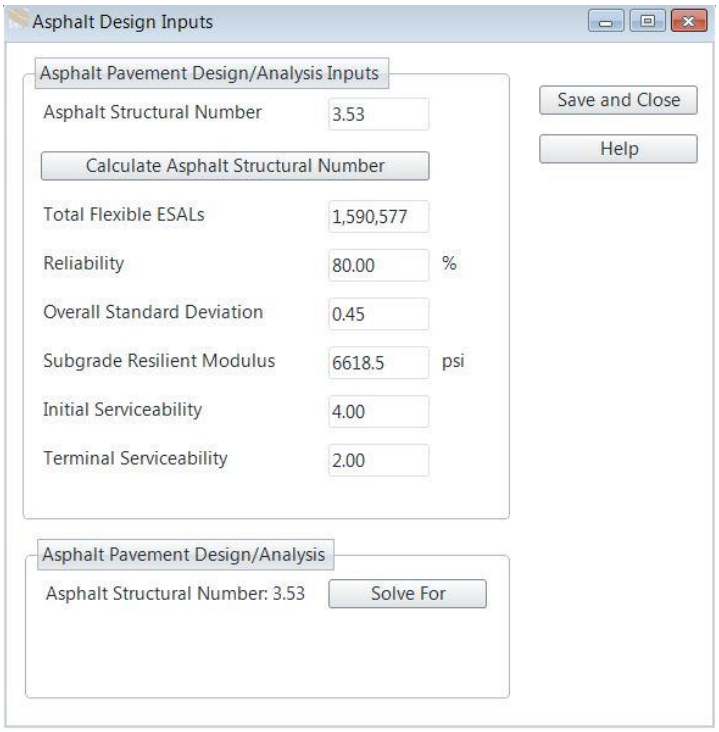
Cuadro 259: Número estructural requerido por escenario.

Escenario	Ejes equivalentes	Número estructural requerido
1	200,866	2.53
2	401,042	2.83
3	1,590,577	3.53

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta un despliegue del cálculo utilizando WINPAS.

Ilustración 266: Cálculo de número estructural (Escenario #3).



Fuente: WINPAS.

Para diseñar la estructura del pavimento se debe de calcular el SN de la estructura propuesta por medio de la ecuación:

$$SN = a_1 m_1 t_1 + a_2 m_2 t_2 + a_3 m_3 t_3 + \cdots$$

Donde:

a_i: i-ésimo coeficiente de capa.

t_i: i-ésimo espesor de la capa.

m_i: i-ésimo coeficiente de capa de drenaje.

El diseño consiste en comprobar que la sumatoria de SN de las capas propuestas sea mayor o igual que el SN requerido.

Es importante determinar los coeficientes estructurales y de drenaje de las capas componentes de la estructura de pavimento y asignar el espesor necesario de cada capa para alcanzar lo requerido. Se ha tomado en consideración un espesor mínimo de carpeta de rodadura de 6.50 cm, ya que las recomendaciones de AASHTO y el Instituto de Asfalto, recomiendan no menor a 7.00 cm, para mejorar su adecuación estructural.

Básicamente lo que se pretende es que la deformación total del pavimento no exceda la deformación unitaria de la capa de rodadura, pues de lo contrario podría sufrir daños y deformaciones plásticas. A continuación se presentan las tablas de las capas estructurales de pavimento para cada una de las proporciones de uso de suelo consideradas.

Cuadro 260: Cálculo de número estructural del escenario #1.

Material de la capa	Espesor de la capa (cm)	Espesor de la capa (plg)	Coeficiente de la capa	Coeficiente de drenaje	Número estructural
Asfalto	6.5	2.56	0.44	1	1.13
Base	20	7.87	0.12	0.9	0.85
Subbase	25	9.84	0.07	0.8	0.55
				SN	2.53

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 261: Cálculo de número estructural del escenario #2

Material de la capa	Espesor de la capa (cm)	Espesor de la capa (plg)	Coeficiente de la capa	Coeficiente de drenaje	Número estructural
Asfalto	7	2.75	0.44	1	1.21
Base	25	9.84	0.12	0.9	1.06
Subbase	25	9.84	0.07	0.8	0.55
				SN	2.82

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 262: Cálculo de número estructural del escenario #3

Material de la capa	Espesor de la capa (cm)	Espesor de la capa (plg)	Coeficiente de la capa	Coeficiente de drenaje	Número estructural
Asfalto	11	4.33	0.44	1	1.91
Base	25	9.84	0.12	0.9	1.06
Subbase	25	9.84	0.07	0.8	0.55
				SN	3.52

Fuente: Elaboración propia.

En resumen se presentan la tabla siguiente para cada escenario.

Cuadro 263: Espesores de capas para cada escenario.

Escenario	ESALs de diseño	Subbase (cm)	Base (cm)	Asfalto (cm)
1	200,000	25	20	6.5
2	400,000	25	25	7.0
3	1,600,000	25	25	11.5

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse las capas inferiores (subbase y base) son similares para todos los escenarios, variando solamente el espesor de la capa de concreto asfaltico. Dentro de estas consideraciones, se propone utilizar el escenario # 3, para las vías principales y el escenario # 2 para las vías secundarias.

Sin embargo, tal como se mencionó con anterioridad, los volúmenes y cargas de tránsito no ocasionarán desgaste al pavimento desde su inicio, ya que debe tomarse en cuenta el tiempo de desarrollo total del área y luego un tiempo adicional para su total población. De esta manera se sugiere, utilizar el diseño del escenario #3, para las vías principales, pero en 2 fases, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 264: Fases de construcción para las vías principales.

Capa	Espesor de capa (cm)		
	Fase 1	Fase 2	Total
Subbase	25.00	0.00	25.00
Base	25.00	0.00	25.00
Asfalto	6.50	5.0	11.50

Fuente: Elaboración propia.

Lo que se pretende es construir las capas inferiores con el total espesor requerido y la capa de rodadura en 2 fases:

- La primera fase: construir una capa de rodadura de 6.5 cm (similar al escenario # 2).
- La segunda fase: luego de trascurrido un tiempo (5-6 años) construir el complemento de 5 cm, para completar el espesor requerido (11.5 cm).

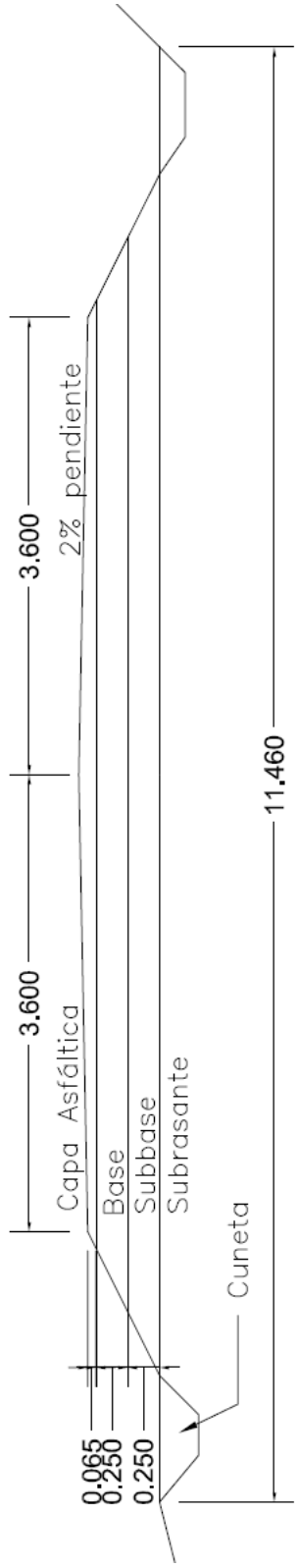
Esta propuesta conlleva las siguientes ventajas:

- Reduce el monto inicial de inversión.
- Luego de 5-6 años se puede adicionar el espesor faltante y así cubrir estructuralmente la demanda del tránsito total.

En todo caso, cualquier pavimento es objeto de mantenimiento. Para pavimentos flexibles se recomienda rehabilitar las capas de rodadura al menos cada 5 años. Esta propuesta reduce los costos de mantenimiento de la capa de rodadura ya que este se sustituye con la adicione del espesor faltante para el total requerido.

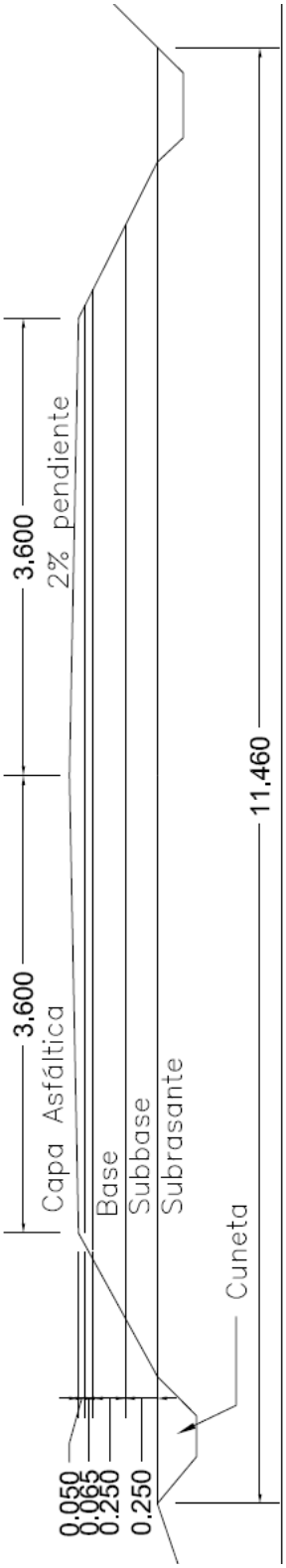
A continuación se muestran las secciones propuestas para cada vía.

Ilustración 267: Sección típica de vía principal, fase 1.



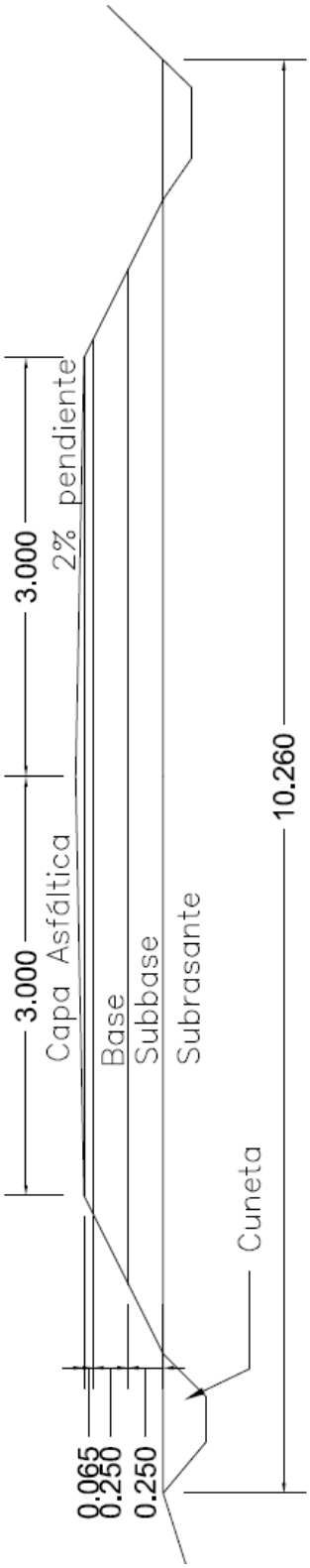
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 268: Sección típica de vía principal, fase 2.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 269: Sección típica de vía secundaria.



Fuente: Elaboración propia.

17. Estudio de impacto vial.

a. Total estimado de tránsito. Para cada período de análisis deberá calcularse el total estimado de tránsito, para cada intersección crítica y segmento de calle analizado. Una vez ha sido calculado el total estimado de tránsito se deben realizar los análisis de capacidad. Cuando la capacidad sea rebasada por la demanda y se necesiten mejoras mayores, deberán realizarse ajustes en el desarrollo o en el área del sitio. Estos ajustes deben ser realistas y no beneficiar únicamente al desarrollo. La sumatoria de tránsito está compuesta por:

1) Tránsito existente. Se puede utilizar la información de CIV, adecuándola con una tasa de crecimiento al período actual, o posteriormente realizar nuevos aforos vehiculares, los cuales incluyan volúmenes y cargas de tránsito.

a) Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección. Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o\ (1 + i)^{n-1}$$

En la que:

T_n = tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = años del período de diseño.

i = tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socioeconómico.

La proyección se dividió en dos partes: una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. La tasa de crecimiento poblacional utilizada es de 3.1%. Se utilizó una tasa de crecimiento del PIB en Guatemala de 3.7% para la proyección de vehículos de carga (Grupo del Banco Mundial, 2014).

Cuadro 265: Proyección de tránsito de 2007 al 2014.

Vehículo	To	n (años)	i	Tn
Carro	562	7	3.10%	675
Pickup	456	7	3.10%	548
Camión de reparto	99	7	3.10%	119
Camión 3 ejes	17	7	3.70%	21
Camión 4 ejes	0	7	3.70%	0
Camión 5 ejes	7	7	3.70%	9
Camión 6 ejes	0	7	3.70%	0
Camión 9 ejes	0	7	3.70%	0
Bus	230	7	3.10%	276
Sumatoria				1648

Fuente: Elaboración propia.

b) Crecimiento del tránsito local. Realizar un nuevo aforo, determinar el conteo como base y también calcular con mayor exactitud la tasa de crecimiento del tránsito local a un período futuro deseable.

2) Tránsito generado por desarrollo. Para determinar el tránsito generado a la red vial existente, ocasionado por el desarrollo del área, se puede utilizar la fórmula de la Municipalidad de Guatemala o se puede asumir la cantidad de tránsito del área de desarrollo según una estimación de áreas específicas de desarrollo y la tasa vehicular por área.

a) Fórmula de la Municipalidad de Guatemala. Conforme la guía para el cálculo de viajes y montos por mitigación de impacto vial y el acuerdo COM-029-08 se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar el volumen de tránsito adicional atraído y generado por cada uso del suelo.

$$V_{ta} = (A \div 100) \times F_{ta}$$

Donde:

V_{ta}: cantidad o volumen del tránsito adicional atraído y generado por cada uso del suelo del proyecto, expresado en vehículos por hora (veh/h).

A: superficie de obra destinada para cada uso del suelo específico dentro del proyecto, expresada en metros cuadrados (m^2).

F_{ta}: factor de tránsito adicional atraído y generado por cada uso del suelo específico dentro del proyecto, expresado en viajes vehiculares por cada cien metros cuadrados (veh/h/100m^2).

Utilizando la distribución de áreas de la propuesta #1 (la cual tiene mayor asignación a áreas verdes) y multiplicándola por un factor de ocupación, se obtienen los resultados mostrados en el Cuadro 266. Se utilizó un factor de ocupación para reducir el número de veh/hora tomando en consideración que únicamente el 50-60% se ocuparía por residencias; por ejemplo, el resto sería áreas de circulación, verdes, *etc*.

Cuadro 266: Cálculo de volumen de tránsito adicional atraído por el proyecto.

Uso del suelo	Área (m^2)	Factor de ocupación	Fta	Vta (veh/hora)
Residencial	850,540.33	60%	0.68	3470
Comercial	340,216.13	50%	2.82	4797
Oficinas	42,527.02	60%	1.68	429
Industrial y otros usos	127,581.05	60%	0.55	421
Áreas verdes	2,891,837.14	100%	0.00	00
				9117

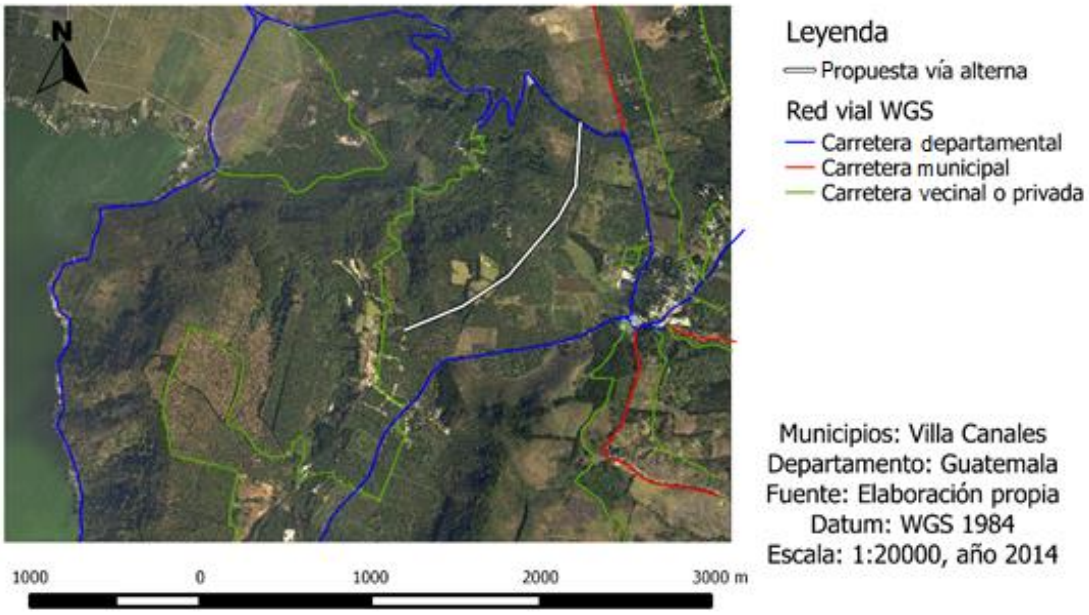
Fuente: Fórmula de Municipalidad de Guatemala.

Se obtuvo un resultado de 9,117 vehículos/hora, lo cual es aproximadamente 2.6 vehículos/segundo. Debido a estos resultados se recomienda verificar el alcance de dicha fórmula. Si se comparan los 9,117 vehículos/hora con los 50,000 vehículos diarios estimados anteriormente en el cálculo de volumen de tránsito, la fórmula de la Municipalidad estima cuatro veces mayor tránsito.

b. Propuesta de acceso vial alterna. Debido a que la carretera principal que atraviesa el área de desarrollo del proyecto es muy angosta y se encuentra en mal estado, se propone una vía alterna para aliviar el aumento de vehículos que se generará por el proyecto.

Se propone hacer una vía de acceso (aprox. 1.7 km.) tal como se muestra en la Ilustración 270 de manera tal que el polo de desarrollo pueda tener dos vías de acceso y evacuación vehicular. Con esto se evita la creación de un sólo polo y que por cualquier eventualidad se convierta en un obstáculo de movilización. El diseño estructural propuesto para esta vía y por consiguiente los costos asociados, corresponden al escenario #3.

Ilustración 270: Propuesta de vía alterna para mitigar el impacto vial del proyecto Condado Santa Elena.



Fuente: Elaboración propia.

c. Rehabilitación de las calles pavimentadas existentes. Es entendido que las calles pavimentadas existentes no son responsabilidad del desarrollador. Sin embargo, el éxito de la comunicación vial al área de desarrollo se puede ver afectada si los tramos existentes son de inferior calidad a la requerida, ya incrementada por el impacto vial. Para esta situación se propone gestionar ante las instituciones encargadas (Ministerio de Comunicación y municipalidades) para que realicen las rehabilitaciones correspondientes.

18. Análisis de costo.

a. Cuantificación. Tomando en cuenta las siguientes propiedades para las vías principales y para las vías secundarias se cuantificaron las cantidades con las que se estima que se va a trabajar para el buen desarrollo de las vías. A continuación se muestra un cuadro con las dimensiones que se consideraron y sirvieron de base para cuantificación de cada tipo de vía.

Cuadro 267: Propiedades de las vías principales y secundarias.

Propiedades	Vías principales (m)	Vías secundarias (m)
Ancho carril	3.60	3.00
Ancho hombros	1.20	0.50
Ancho adicional/lado	2.00	1.00
Longitud analizada	1,000.00	1,000.00
Espesor capa vegetal	0.35	0.35
Espesor excavación	0.40	0.40
Ancho total	13.60	9.00
Ancho pavimento	9.60	7.00
Espesor carpeta asfáltica 1	0.065	0.065
Ancho carpeta 1	9.60	6.0
Espesor carpeta 2	0.05	-
Ancho carpeta 2	7.20	-
Espesor base	0.25	0.25
Ancho base	10.60	8.00
Espesor subbase	0.25	0.25
Ancho subbase	11.60	9.00

Fuente: Elaboración propia.

Se desarrollaron los siguientes reglones de trabajo para cuantificar y estimar los costos.

1) Terracería. Por el área en la que se considera óptimo el desarrollo del proyecto, no se tienen costos de retiro de estructuras existentes, así como remoción y prevención de derrumbes, o excavación para gaviones. Según el muestreo de suelo no existe presencia de roca, por lo que los cortes en roca no son considerados. Para el cálculo de los demás factores se utilizaron las propiedades anteriormente mencionadas, según cada vía.

Cuadro 268: Cuantificación de trabajos de terracería.

Terracería	Unidad	Vía principal	Vía secundaria
Retiro de estructuras existentes	Global	-	-
Limpia, chapeo y destronque	Ha	1.36	0.90
Excavación no clasificada	m^3	5,440.00	3,600.00
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m^3	544.00	360.00
Remoción y prevención de derrumbes	m^3	-	-
Escarificación de pavimento existente	m^2	-	-
Cortes en roca	m^3	-	-
Excavación Estructural para cimentaciones de estructuras	m^3	5.40	5.40
Excavación estructural para gaviones	m^3	-	-
Excavación estructural para alcantarillas	m^3	84.10	57.60
Excavación estructural para sub-drenajes	m^3	135.00	135.00
Acarreo	m^3-Km	7,072.00	4,680.00

Fuente: Elaboración propia.

2) Pavimento. La segunda fase de construcción de la vía principal implica únicamente un trabajo adicional de concreto asfáltico. Ya no requiere de otros trabajos de reacondicionamiento.

Cuadro 269: Cuantificación de trabajos de pavimentación.

Pavimento	Unidad	Vía principal fase 1	Vía principal fase 2	Vía secundaria
Reacondicionamiento de sub-rasante	m^2	13,600.00	-	9,000.00
Capa de sub-base	m^3	2,775.00	-	2,250.00
Capa de base triturada	m^3	2,525.00	-	2,000.00
Concreto asfáltico (cemento asfáltico y riego de liga)	Ton	1,497.60	864.00	936.00
Riego de imprimación	Galón	3,360.00	-	2,100.00

Fuente: Elaboración propia.

3) Drenaje menor. Se seleccionaron alcantarillas de metal de 36 pulgadas ya que se considera que no se necesita de mayor diámetro. La segunda fase de la vía principal no requiere trabajos de drenaje menor.

Cuadro 270: Cuantificación de trabajos de drenaje menor.

Drenaje menor	Unidad	Vía principal	Vía secundaria
Alcantarillas de metal corrugado de 36 pulgadas	m	43.80	30.00
Agregado para sub-drenaje	m^3	94.50	94.50
Cunetas revestidas de concreto simple fundido en sitio	m^2	500.00	500.00
Cajas y cabezales para alcantarillas	m^3	30.00	30.00

Fuente: Elaboración propia.

4) Reglones varios. En este reglón de trabajo se consideran los muros de concreto, gaviones, bordillos laterales, separadores centrales, *etc*. Por la economía se propone utilizar bordillos laterales de 0.20 m x 0.40 m para ambos tipos de vías.

Cuadro 271: Cuantificación de trabajos de reglones varios.

Reglones varios	Unidad	Vía principal y secundaria
Muros de concreto ciclópeo	m^3	-
Muros de concreto reforzado	m^3	-
Gaviones y colchones para revestimiento	m^3	-
Bordillos laterales (0.20 m x 0.40 m)	m	200.00
Defensas metálicas (Flex Beam)	m	-
Separador central (New Jersey)	un	-
Separador central (Bordillo de 0.20 m x 0.45 m)	m	-

Fuente: Elaboración propia.

5) Señalización.

Cuadro 272: Cuantificación de trabajos de señalización.

Señalización	Unidad	Vía principal fase 1	Vía principal fase 2	Vía secundaria
Líneas longitudinales centrales y no centrales de material termoplástico.	Km.	1.00	1.00	1.00
Marcadores resaltados en el pavimento.	Unidad	80	32	80
Señales de tráfico preventivas de metal.	Unidad	3.00	-	3.00
Señales de tráfico restrictivas de metal.	Unidad	2.00	-	2.00
Señales de tráfico informativas de un tablero de metal.	Unidad	1.00	-	1.00
Señales de tráfico informativas de dos tableros de metal.	Unidad	1.00	-	1.00

Fuente: Elaboración propia.

b. Determinación de precios unitarios.

Ilustración 271: Precios unitarios por cada reglón.

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)
TERRACERIA		
Retiro de estructuras existentes	Global	280,000.00
Limpia, chapeo y destronque	Ha	52,000.00
Excavación no clasificada	m3	39.00
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m3	33.00
Remoción y prevención de derrumbes	m3	30.00
Escarificacion de pavimento existente	m2	27.00
Cortes en roca	m3	220.00
Excavación de Canales	m3	80.00
Excavación Estructural para Cimentaciones de Estructuras	m3	95.00
Excavación Estructural para Gaviones	m3	85.00
Excavación Estructural para alcantarillas	m3	85.00
Excavación estructural para sub-drenajes	m3	85.00
Acarreo	m3-Km	4.50
PAVIMENTO		
Reacondicionamiento de sub-rasante	m2	16.00
Capa de Sub-Base	m3	145.00
Capa de Base de Suelo Cemento	m3	170.00
Capa de Base Triturada	m3	375.00
Subexcavación (para sub-rasante)	m3	75.00
Pavimento de Concreto Hidráulico (0.20 metros)	m3	2,400.00
Cemento Portland para Suelo Cemento	sacos	80.00
Concreto Asfaltico (Incluye el cemento asfáltico y el riego de liga)	Ton	1,200.00
Cemento Asfáltico	Galón	
Riego de Liga	Galón	
Riego de imprimación	Galón	50.00
DRENAJE MENOR		
Alcantarillas de metal corrugado de 36 pulgadas	m	1,925.00
Alcantarillas de metal corrugado de 48 pulgadas	m	2,850.00
Alcantarillas de metal corrugado de 60 pulgadas	m	4,100.00
Geodren plano para subdrenaje (tipo Advanedge o equivalente)	m	325.00
Agregado para sub-drenaje	m3	200.00
Geotextil para sub-drenaje	m2	20.00
Cunetas revestidas de concreto simple fundido en sitio (e:0.07 mts)	m2	170.00
Cajas y Cabezales para Alcantarillas	m3	1,750.00
RENGLONES VARIOS		
Muros de concreto ciclópeo	m3	1,850.00
Muros de concreto reforzado	m3	4,500.00
Gaviones y Colchones para revestimiento	m3	1,275.00
Bordillos laterales (0.20m x 0.40m)	m	130.00
Defensas Metálicas (Flex Beam)	m	695.00
Separador Central (New Jersey)	U	1,250.00
Separador Central (Bordillo de 0.20 m x 0.45 m)	m	140.00
SEÑALIZACION		
Líneas longitudinales centrales y no centrales de material termoplástico	Km.	21,000.00
Marcadores resaltados en el pavimento	Unidad	33.00
Señales de Kilometraje de metal	Unidad	850.00
Señales de tráfico preventivas de metal	Unidad	1,600.00
Señales de tráfico restrictivas de metal	Unidad	1,600.00
Señales de tráfico informativas de un tablero de metal	Unidad	2,500.00
Señales de tráfico informativas de dos tableros de metal	Unidad	3,450.00
Señales de tráfico informativas tipo Bandera	Unidad	30,000.00
Rótulos de metal de identificación del Proyecto	Unidad	40,000.00

Fuente: Elaboración propia.

c. Costo total. A continuación se muestra una tabla que integra los costos por reglón y presenta los costos totales para las vías principales y secundarias, por kilómetro y metro cuadrado.

Cuadro 273: Resumen de costos totales por kilómetro.

Análisis de costo por kilómetro				
Descripción	Vías principales			Vías secundarias
	Fase 1 (Q)	Fase 2 (Q)	Total (Q)	Total (Q)
Terracería	351,792.16	-	351,792.16	237,024.00
Pavimento	3,596,970.00	1,036,800	4,633,770.00	2,448,450.00
Drenaje menor	240,715.00	-	240,715.00	214,150.00
Renglones varios	26,000.00	-	26,000.00	26,000.00
Señalización	37,590.00	-	37,590.00	37,590.00
Total	4,253,067.16	1,036,800	5,289,867.16	2,963,214.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 274: Resumen de costos totales por metro cuadrado.

Análisis de costo por m^2				
	Vías principales			Vías secundarias
Descripción	Fase 1 (Q)	Fase 2 (Q)	Total (Q)	Total (Q)
Terracería	36.65	-	36.65	33.86
Pavimento	374.68	108.00	482.68	349.78
Drenaje menor	25.07	-	25.07	30.59
Renglones varios	2.71	-	2.71	3.71
Señalización	3.92	-	3.92	5.37
Total	443.03	108.00	551.03	423.32

Fuente: Elaboración propia.

XI. DISCUSIÓN

A. Demografía y crecimiento urbano.

Es importante que la distribución poblacional del "Condado Santa Elena" tenga una orientación determinada a fin de que su infraestructura permita mantener un equilibro entre los ambientes urbano y rural. Para lograr esto se debe tomar en cuenta la tendencia de crecimiento, no solo del área de interés, sino también de las poblaciones que la rodean ya que ésta se puede ver afectada por los cambios que experimentan dichas poblaciones.

Se debe planificar adecuadamente el crecimiento urbano del municipio de Villa Canales para lograr que éste ocurra de manera ordenada y que sea posible ejercer control sobre el mismo. Se recomienda crear barreras forestales en los poblados del municipio para limitar su crecimiento y asegurar que éste ocurra de manera organizada. Además, se recomienda renovar el casco urbano del municipio para fomentar proyectos de densificación vertical controlada. Es por esto que se requiere de una adecuada planificación de un plan de ordenamiento territorial que permita dirigir el crecimiento del "Condado Santa Elena" y sus alrededores.

Debido al gran crecimiento de las áreas urbanas es recomendable contar también con un plan de desarrollo urbano que esté actualizado y que permita prever las necesidades de la población en el futuro. Dicho plan es necesario para reglamentar la zonificación, el fraccionamiento y la urbanización del área de interés. La adecuada zonificación del municipio permite determinar dónde se localizarán los diferentes servicios que se ofrezcan a los pobladores y visitantes: centros educativos, centros de salud, zonas habitacionales, zonas de recreación, zonas turísticas, áreas verdes y zonas de actividades económicas, industriales y comerciales. Se recomienda fomentar las actividades antes mencionadas por medio de incentivos fiscales, campañas de promociones y facilidades en el pago de la tierra. Además, el plan de crecimiento urbano busca crear un reglamento de renovación urbana y un reglamento de construcción que permitan controlar y ordenar el crecimiento urbano de la región. Esto con el fin de prevenir el agotamiento de los recursos el cual podría provocar una disminución en la calidad de vida de los pobladores.

El análisis realizado tiene como objetivo brindar información pertinente acerca del crecimiento urbano de los alrededores y las áreas de influencia del "Condado Santa Elena". Por lo tanto, se recomienda utilizar dicha información para impulsar el desarrollo tanto del condado como de sus poblados vecinos. Se considera que la investigación realizada muestra varias propuestas de fuentes de empleo potenciales para los habitantes, especialmente aquellos entre los 18-45 años, de los poblados cercanos al "Condado Santa Elena". Esto permitiría que los poblados del municipio de Villa Canales dejen de ser ciudades dormitorio y se conviertan en ciudades que ofrezcan ofertas de trabajo atractivas para sus pobladores, los cuales en su mayoría trabajan actualmente en la ciudad capital.

B. Capacidad de uso de la tierra, bosques y turismo.

Se llevó a cabo un estudio de la capacidad del uso de la tierra en todas las fincas involucradas en el área de interés. Esto con el fin de determinar el potencial del suelo en cada una de las fincas y poder así optimizar su uso. A partir de esto se determinó que es necesario optimizar la producción de café (*Coffea arabica*) para lo cual se recomienda ampliar las instalaciones del beneficio de café, mejorar el abastecimiento de agua y determinar la factibilidad de certificar el café de la zona como gourmet. Esto debido a que el café representa un cultivo nativo de la región y en ésta se cuenta con las condiciones ambientales ideales para permitir el crecimiento de éste grano. De igual manera es importante sacar provecho de todos los aspectos turísticos relacionados con el cultivo del café. Además, se sugiere evaluar la viabilidad de incorporar el cultivo de nance (*Byrsonima crassifolica*) y otros cultivos en las fincas ubicadas en el área de interés.

En cuanto al manejo de bosques, se recomienda incorporar un aserradero portátil para facilitar la extracción de madera en las fincas y así aprovechar la madera de diversas plantas tales como el ciprés (*Cupressus lusitánica*). Además, se recomienda que los terratenientes se asocien entre sí y juntos determinen el manejo que quieren dar a los bosques o reservas ubicados en sus fincas. Esto permitirá, entre otras cosas, delimitar adecuadamente las zonas consideradas como reservas naturales privadas.

En cuanto a los aspectos relacionados con el turismo, se recomienda que se formen alianzas estratégicas entre los distintos destinos turísticos que actualmente ofrecen las áreas cercanas al “Condado Santa Elena”. Esto permitirá que los atractivos o servicios ofrecidos por cada uno de los destinos se complementen entre sí y permitan que la experiencia del visitante sea más completa y satisfactoria. Específicamente se recomienda que el spa San Gregorio, el spa Santa Teresita, la finca Chatimel y la finca el Rincón unifiquen esfuerzos para ofrecer al cliente una experiencia placentera sacando provecho de lo mejor de cada uno de los sitios.

Se considera necesario unificar esfuerzos para promocionar esta región como un destino turístico atractivo dado que cuenta con sitios que tienen un gran potencial natural y cultural. También fue posible identificar sitios en la región en los cuales se pueden llevar a cabo actividades de aventura. Para lograr esto es necesario elaborar un plan de promoción, mercadeo y publicidad a nivel local y regional con el fin de dar a conocer los diferentes destinos turísticos de la región. Se busca atraer a un mayor segmento de turismo nacional e internacional, así como también se busca demostrar que existen destinos turísticos en la región disponibles para personas de todas las edades. Este plan debe ser difundido en agencias de viajes, hospitales, aeropuertos, pymes de operados de turismo, entre otros. También es necesario contar con la ayuda del Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) y la Asociación Guatemalteca de Exportadores (Agexport). Por último, se recomienda invertir en la creación de una página web que muestre los diferentes destinos turísticos presentes en la región para poder así tener un mayor alcance y aumentar el número de turistas que visiten ésta área.

En cuanto al sector del turismo médico se recomienda crear dos tipos de circuitos turísticos para las personas que visiten Guatemala por cuestiones de salud. El primero de los circuitos incluiría destinos para las personas que estén en recuperación y necesiten hacer reposo. En cambio, el segundo de los circuitos incluiría destinos para las personas que acompañen a dichos pacientes.

Se identificaron varios dentro de la región que no son productos turísticos sostenibles debido a diversas razones. Ejemplos de esto fueron: la "Fábrica de Cochinilla" localizada en el Ingenio Santa Teresa el cual aún se encuentra encubierto por plantaciones de café; el acueducto de la finca Tulujá; el convento a la orilla del lago de Amatitlán localizado en la finca Pampichín. Se considera que dichos atractivos pueden representar oportunidades de negocios atractivas para inversionistas debido a que son tres monumentos de la época colonial y se encuentran a una distancia cercana del "Condado Santa Elena". Dicha inversión sumaría plusvalía dentro al área de interés ya que le daría valor a la riqueza cultural e histórica de los distintos monumentos que ésta posee.

C. Recursos hídricos.

El área posee un gran potencial de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos. Esta posee una gran posibilidad para la recarga hídrica y se recomienda que cierta parte sea considerada para ser preservada, consiste en la zona que abarca los pozos 1, 2, 7, 9, 10 y 11. Esta región en total consiste aproximadamente de 2.60 km^2 de la cual, luego de diversos análisis podrá delimitarse el área efectiva que se destinará para asegurar una posibilidad de recarga alta.

Los terratenientes que formen parte del área destinada para preservar la posibilidad de recarga hídrica, podrán optar por destinar sus tierras para esta causa y la manera de recuperar su inversión será a través de la venta de agua para el proyecto. El área que se delimitará para preservar las zonas de recarga hídrica podrá ser combinada con otro tipo de uso de la tierra como por ejemplo: uso consignado al turismo o para uso destinado a la producción de energía eólica.

La cobertura que poseen los pozos actualmente no es suficiente para la población que formará parte del "Condado Santa Elena", por lo que se recomienda incrementar el número de pozos para satisfacer la demanda futura. Estos pozos deberán estar localizados cerca del área destinada para la recarga hídrica; además, deberán ser del tipo mecánico debido a la carencia en cuanto a calidad y cantidad del agua perteneciente a los estratos superficiales.

El área también tiene una gran posibilidad de utilizar la captación de agua de lluvia, utilizar embalses y reutilizar las aguas residuales. La captación de agua es una práctica que se conoce y aplica desde hace miles de años. Actualmente se utiliza en algunos lugares, como por ejemplo en zonas con aguas contaminadas ya sea por causas naturales o por actividades mineras, deben recurrir a la captación de aguas de lluvia para disponer de agua de calidad aceptable para la ingesta humana. Para esto se toma en cuenta las condiciones climáticas del lugar donde se tiene de 900 a 1800 mm de lluvia promedio anual y con el área de la cuenca de

9.79 km^2, se podría aprovechar el 40% del agua de lluvia ya que lo demás se pierde en evapotranspiración e infiltración en el área, entre otras pérdidas; con lo que tendríamos un volumen promedio anual de agua de lluvia de 5 millones de metros cúbicos aprovechables.

Las represas y los embalses se construyen para almacenar agua y posteriormente utilizarla en diversos usos como riego y abastecimiento de agua potable. Además, las presas pueden proporcionar electricidad. Los embalses, al igual que los acuíferos, funcionan regularizando los caudales naturales, almacenando agua en los períodos de abundancia para ser usados en los meses cuando hay menores aflujos naturales. Para realizar este tipo de obras es necesario contar con estudios más específicos ya que este documento solo se tiene alcance general de toda el area de influencia. Se deben tomar en cuenta aspectos como topografia detallada, análisis de caudal por sección monitoreado en un período mayor a un año, mayor número de muestras de agua, entre otros aspectos.

En muchos países, especialmente en oriente medio, se están reutilizando las aguas residuales para diferentes propósitos, y se espera que esta práctica se popularice. A escala mundial, el agua no potable se utiliza para el riego y la refrigeración industrial. Las ciudades también están recurriendo a la reutilización de agua para completar el abastecimiento de agua potable, aprovechando los avances en el tratamiento de las aguas. Dependiendo del uso que se le piense dar a las aguas servidas deberán considerarse tratamientos previos.

D. Energías renovables.

Debido a la actual construcción del parque eólico cercano al proyecto se recomienda que la energía que se produciría en éste sea vendida a las comunidades cercanas como Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva, debido con la cercanía a “Eólico San Antonio el Sitio” el cual se encuentra en Santa Elena Barrillas y está en construcción actualmente. Se tiene que aprovechar el recurso eólico que se cuenta en el área para hacer el parque eólico lo más grande posible utilizando todo el terreno apto para ello, por lo que se debe de realizar un estudio económico específico para el área, contactando a la empresa a la que se le comprara los aerogeneradores ya que comúnmente ellos mismos montan todo el parque eólico.

Esta energía puede ser utilizada para el bombeo de agua por lo que se recomienda realizar un estudio de factibilidad. En cuanto al recurso de energía solar se debe realizar un estudio de las mejores ubicaciones posibles para el sistema fotovoltaico propuesto, implementar un estudio para verificar horas efectivas de sol, y si éstas han decrecido o disminuido durante el transcurrir de los años en un punto más cercano al área de estudio; implementar un estudio con otras marcas de paneles solares, que permita establecer si aumenta la eficiencia del sistema y realizar análisis sobre paneles solares, con sistema mecánico eléctrico de seguimiento solar, para comprobar si aumenta de eficiencia de generación energética. Así como se deben realizar las gestiones correspondientes entre la municipalidad y empresa eléctrica, para la aprobación del proyecto propuesto.

E. Propuestas verdes y carreteras.

Se recomienda solicitar una rehabilitación de la red vial existente al Ministerio de Comunicaciones antes de empezar a desarrollar el proyecto. Así como realizar alianzas estratégicas y procurar, que las rehabilitaciones correspondientes se realicen dentro del marco legal de participación pública privada (PPP), en la cual las instituciones públicas y la participación privada se responsabilizan cada uno parcialmente de los costos y administraciones correspondientes para su rehabilitación. Y se debe de realizar un aforo vehicular para verificar la composición y volumen de tránsito actual.

Al momento que el proyecto se desarrolle, se recomienda realizar un estudio de impacto vial, ejecutar las vías principales internas del proyecto en dos fases debido a que el volumen de tránsito para el cual se diseñó no se presentará en los primeros años y se recomienda hacer una vía de acceso de manera tal que el polo de desarrollo pueda tener dos vías de acceso y evacuación vehicular. Con esto se evita la creación de un solo polo y que por cualquier eventualidad se convierta en un obstáculo de movilización. El diseño geométrico de las carreteras se debe de realizar teniendo establecidos previamente los polos a desarrollar.

En cuanto a las propuestas verdes, se recomienda optar por la certificación del plan maestro. Dicha certificación se puede lograr y se recomienda realizarla mediante una guía de certificación para vecindarios. A pesar de que en dicha guía se siguen practicando los mismos conceptos de ubicación, sostenibilidad, eficiencia en el uso del agua, eficiencia energética, materiales y calidad de los entornos; también se aplican otros conceptos y estándares propios de un plan maestro para un vecindario.

Un vecindario certificado no solo es amigable con el ambiente, sino con todos los usuarios ya que combina diferentes actividades que los une entre sí, lo que hace que el plan funcione en conjunto. En la guía para certificación de vecindarios se especifica que se proteja a todo tipo de especies de animales y plantas en peligro. Además, se promueve caminar a los diferentes destinos del vecindario mediante proveer calles con ambientes seguros, atractivos y agradables que apoyen la salud pública al reducir lesiones en los peatones y que los animen a realizar actividad física diaria.

Para la segunda fase de este megaproyecto se debe pretender la concretización el plan de ordenamiento territorial. Se recomienda seguir una guía para el desarrollo de vecindarios, ya que abarca muchos temas que pueden aportar mucho al condado. Con la ayuda de la guía se va a incentivar prácticas sostenibles como ubicaciones inteligentes que faciliten dejar de utilizar el automóvil lo más posible. Cuando un vecindario posee una red interna de calles bien planificadas que faciliten la comunicación con comunidades vecinas, los peatones, ciclistas y conductores pueden transcurrir de una manera más eficiente y segura.

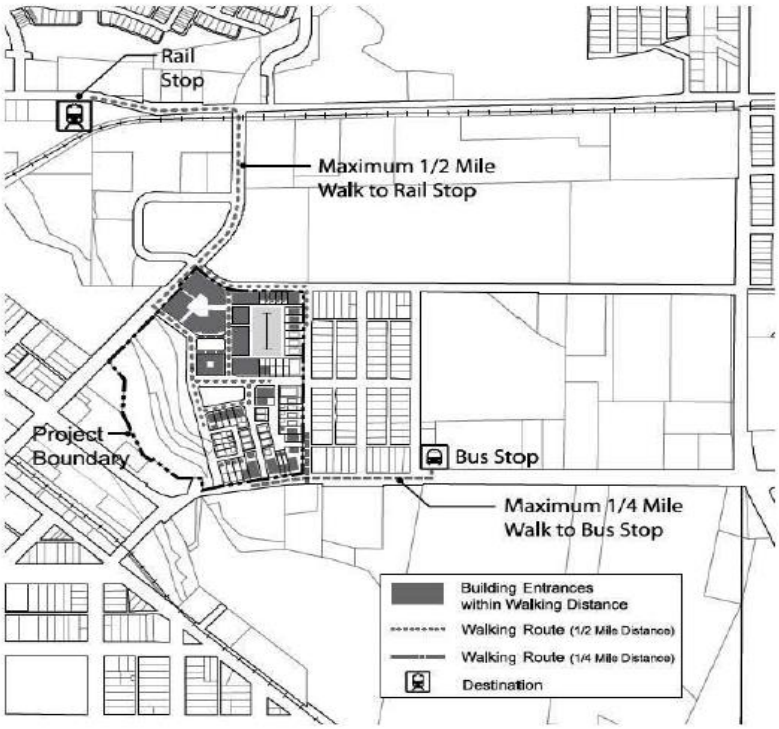
La morfología de un vecindario sostenible, es decir, el diseño de las manzanas, calles y edificios puede servir como fundamento de un entorno en donde sea bastante conveniente caminar. Por lo anterior, se recomienda tomar en cuenta una guía para el desarrollo de vecindarios, la cual les dará un indicio de cómo poder diseñar la morfología del “Condado Santa Elena” y así poder ubicar los diferentes servicios de los que

se pretende disponer dentro del proyecto. Por otro lado también se recomienda seguir las siguientes pautas que pueden ser un punto de partida para la elaboración del plan maestro del "Condado Santa Elena".

1. Ubicación inteligente. Se debe promover el desarrollo cerca de comunidades previamente desarrolladas que contengan infraestructura vial y de transporte público. Además, promover la mejora y nuevo desarrollo de dichas comunidades, mientras se limita la huella que la expansión dejaría en el lugar para generar circunstancias óptimas. Con una ubicación inteligente del proyecto, se reducirán viajes en vehículo y las personas tenderán a transportarse a pie o bicicleta; lo que reducirá los índices de obesidad, mala salud cardíaca e hipertensión por promover actividad física diaria.

La siguiente imagen muestra la ubicación que deberá tener el proyecto acorde a distancias a diferentes tipos de transportes públicos.

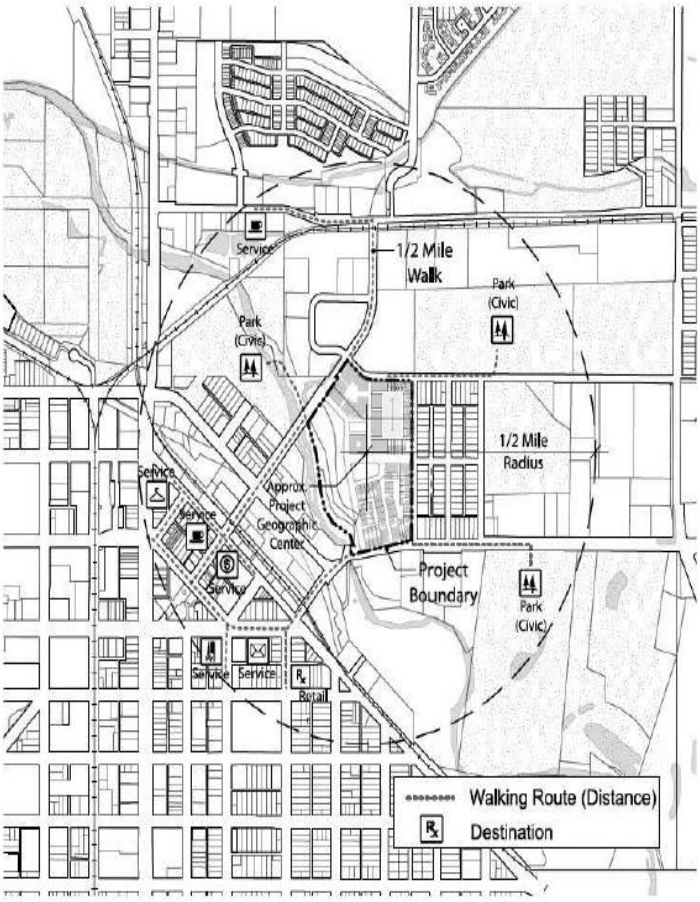
Ilustración 272: Rutas para caminar desde el proyecto hasta paradas de transporte público.



Fuente: LEED para vecindarios.

También se debe dejar de utilizar el vehículo lo más posible para acceder a diferentes tipos de servicios. La siguiente imagen muestra la ubicación que debe tener el proyecto en base a las distancias que tendrán que recorrer a pie los vecinos hacia diferentes servicios.

Ilustración 273: Rutas para caminar desde el vecindario hacia diferentes tipos de servicios.



Fuente: LEED para vecindarios (2009).

Dentro de la ubicación inteligente se debe tomar en cuenta conservar todo ecosistema que incluya especies en peligro de extinción u otras áreas sensibles que pueden ser afectadas por el desarrollo constructivo del condado.

Se deberán identificar las siguientes áreas dentro de los límites del terreno para no permitir que se lleve a cabo prácticas constructivas dentro de dichas áreas:

- Tierras de cultivo.
- Tierras designadas por el gobierno a utilizarse para parques verdes.
- Terrenos que tengan un potencial alto hacia las inundaciones.
- Hábitats naturales de especies nombradas en peligro de extinción.
- Terrenos que estén a menos de 15 metros de distancia de humedales.
- Tierras que estén a menos de 30 metros de distancia de cuerpos de agua como lagos, ríos y mares.

Como se mencionó anteriormente, la ubicación inteligente incluye minimizar la dependencia del uso de automóvil por parte de los vecinos. Por lo que se debe desarrollar el proyecto en áreas que muestren diferentes modalidades de transporte público o incluso implementar dicho transporte. Se debe ubicar el proyecto en un lugar de manera que por lo menos el 50% de las entradas al proyecto estén a 800 metros de distancia a paradas de autobús.

Otra forma de promover la independencia vehicular es implementando una red ciclística y de almacenaje de bicicletas que facilite el uso de dicho transporte. No solo se estarán independizando del uso del automóvil, sino se promoverá la salud física de los vecinos.

La red ciclística deberá tener por lo menos ocho (8) kilómetros de distancia y deberá conectar con algún centro educativo o laboral y con por lo menos diez (10) diferentes servicios. Dentro de los servicios que deberá incluir el proyecto se encuentran:

- Supermercados.
- Tiendas por departamentos.
- Tiendas de conveniencia.
- Tienda de equipo de computación.
- Cual otra tienda de venta al por menor.
- Bancos.
- Gimnasio.
- Salón de belleza.
- Lavandería.
- Restaurantes.
- Centros de cuidado para niños.
- Centros de cuidado para adultos mayores.
- Centros de artes culturales.
- Centros educativos.
- Cines.
- Oficinas del gobierno.
- Lugar de culto.
- Clínicas médicas.
- Estación de policía y bomberos.
- Librería.
- Parques públicos.
- Centro de servicios sociales.

Para el almacenamiento de las bicicletas se deberán seguir algunas pautas para garantizar la funcionalidad del parqueo. Se debe proveer por lo menos un (1) parqueo cerrado y seguro para el 30% de la ocupancia planeada que tendrá el proyecto. Además, se debe proveer por lo menos un (1) espacio de parqueo para bicicleta para visitantes por cada diez (10) espacios de parqueo de los vecinos.

Para los diferentes servicios que se prestarán dentro del "Condado Santa Elena", se deberán proveer parqueos de bicicletas también. Se sugiere proveer parqueos para los trabajadores de dichos servicios, por lo menos para el 10% del total de trabajadores. Y para los visitantes a dichos servicios se deberá proveer de un (1) espacio para parquear bicicleta por cada 460 m^2 de espacio para los diferentes servicios. La siguiente imagen ejemplifica cómo deberían ser los parqueos para bicicletas.

Ilustración 274: Almacenamiento público de bicicletas.



Fuente: Victoria Transport Policy Institute.

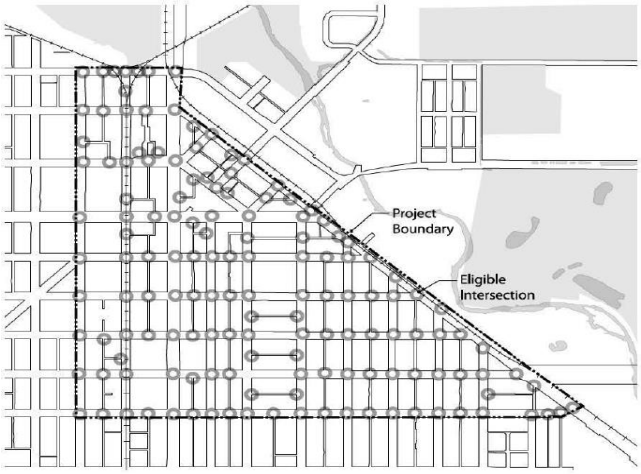
2. Diseño del vecindario. Para promover la eficiencia del transporte, incluyendo minimizar la dependencia de los automóviles, se deberá realizar un plan para que las calles estén en óptimas condiciones para que los peatones deseen utilizarlas y que no sufran lesiones debido al mal estado o diseño de las calles.

Se debe diseñar y construir el proyecto para que cumpla con las siguientes condiciones:

- Para el 90% de la fachada de una nueva edificación, la entrada principal de dicho edificio debe estar dirigida hacia un espacio público como calle, parque, paseo o plaza, pero nunca hacia un parqueo y estar conectada a aceras o provisiones equivalentes para caminar.
- Se debe proveer de aceras continuas en ambos lados de por lo menos el 90% de las calles. Las aceras deben ser de por lo menos 2.50 m de ancho.
- No más del 20% de las aceras deben estar dirigidas directamente hacia garajes o áreas de carga y descarga para los servicios.

Se debe implementar el desarrollo con comunidades existentes para promover la eficiencia del transporte mediante múltiples opciones de transporte público. Se debe diseñar el proyecto de manera que su conectividad interna incluya 140 intersecciones por milla cuadrada. Todas las calles deben ser de uso público. Además, se deben incluir calles en donde los vehículos motorizados no tengan el derecho de vía, sino que sean de uso peatonal únicamente. El siguiente diagrama muestra un ejemplo de la distribución de las intersecciones.

Ilustración 275: Diseño de proyecto con 140 intersecciones por milla cuadrada.



Fuente: LEED para vecindarios.

Otra opción que se puede seguir para diseñar la red vial es la de ubicar el proyecto de manera que la conectividad con las calles existentes dentro de ¼ de milla de distancia se dé por lo menos de 90 intersecciones por milla cuadrada. De igual manera, todas las calles deben ser de acceso público y no cerrado.

Ilustración 276: Diseño de proyecto con 90 intersecciones por milla cuadrada.



Fuente: LEED para vecindarios.

3. Producción local de alimentos. Se debe promover la producción de alimentos dentro de la comunidad. Con esto se logrará mejorar la condición nutricional de los vecinos al tener acceso a productos frescos, a la vez que se generan diferentes fuentes de empleo.

Se deben proveer espacios viables y permanentes, dedicados al crecimiento de granjas locales dentro del proyecto. Se debe proveer de sistemas de riego, cercos, espacios seguros para almacenar herramientas y acceso para peatones a estos lugares. Para que la producción de alimentos locales sea viable, se deberán presentar facilidades a los productores para que vendan su producto por lo menos una vez a la semana; un programa comúnmente conocido como "Farmers market" en donde diferentes agricultores de alimentos orgánicos pueden llegar a vender sus productos.

4. Calles sombreadas por árboles. Se debe diseñar y construir el proyecto de manera que se provean calles con hileras de árboles en ambos lados de por lo menos el 60% de las calles dentro del proyecto. Esto con el objetivo de proveer sombra y darle frescura al vecindario.

Ilustración 277**:** Referencia de calle sombreada por árboles.



Fuente: Graem, H.

5. Prevención de contaminación por construcción. Se debe reducir la contaminación causada por actividades constructivas. Dicha contaminación incluye la erosión del suelo, sedimentación del agua y generación de polvo en el ambiente.

Se debe implementar un plan de control de erosión y sedimentación para actividades vinculadas a la construcción. El plan debe incorporar prácticas como plantación de semillas, jardinización, estabilización de entradas al sitio, preservación de la vegetación existente. El plan debe cumplir los siguientes objetivos:

- Prevenir la pérdida de suelo durante la construcción.
- Prevenir la sedimentación.
- Prevenir contaminar el aire con partículas de polvo.
- Preservar la vegetación del sitio.
- Establecer y delimitar el acceso a la construcción.
- Instalar controles de sedimentación.
- Estabilizar suelos.
- Proteger taludes.
- Proteger drenajes.
- Control de contaminantes.

6. Eficiencia del agua por paisajismo. Se debe reducir el consumo de agua para la irrigación del paisajismo en un 50%. Las reducciones se pueden atribuir por la combinación de las siguientes estrategias:

- Instalar tecnología inteligente que ayude a utilizar únicamente el agua necesaria para el riego de jardines: se refiere a rociadores que se activen independientemente mediante alarmas y que dejen de funcionar por un sensor instalado en el suelo que permite leer la humedad.
- Utilizar agua de lluvia capturada.
- Utilizar aguas grises tratadas para usos no potables.

7. Construcciones verdes. Se deben optimizar los sistemas constructivos para tener un diseño más eficiente y así obtener un mejor aprovechamiento de los materiales de construcción, que luego se verá reflejado en costos.

Se debe evaluar la posibilidad de implementar energía renovable, realizando una comparación entre la energía producida de forma eólica de baja escala y energía producida mediante paneles solares como alternativas de producción de energía sostenible que se tienen en el área. Se debe analizar la calidad del agua pluvial del lugar y analizar los tratamientos o métodos de purificación debería recibir para su uso y evaluar diferentes alternativas de almacenamiento del agua pluvial.

XII. CONCLUSIONES

- La fase inicial de un plan de ordenamiento territorial consistente en el reconocimiento del área, descripción y análisis de los recursos presentes en el área fue completada.
- Las propuestas individuales son el paso inicial de la segunda fase de un plan de ordenamiento territorial que ayudan a sentar las bases para las propuestas de zonificación del lugar.
- La tendencia de crecimiento en el área urbana de la cabecera municipal de Villa Canales es limitada hacia el norte debido a las pendientes del terreno y poco espacio libre.
- El crecimiento se está produciendo en dirección al suroeste en dirección al lago de Amatitlán debido a que es una planicie y es un área habitable.
- Santa Elena Barrillas presenta una tendencia de crecimiento en el norte y oeste del poblado, el cual es limitado debido a las condiciones del terreno en los alrededores de éste. Este crecimiento no es significativo por lo que el poblado no se está expandiendo horizontalmente sino que se está densificando.
- Es de suma importancia para el municipio tener una planificación urbana para orientar el crecimiento urbano y tener un área urbana ordenada, satisfaciendo las necesidades de servicios básicos de agua potable, drenajes, electrificación, urbanización y el equipamiento necesario.
- Se logró definir un plan de tres fases para la integración y desarrollo del potencial turístico para el área de estudio.
- Las mediciones ponderadas de cada uno de los destinos visitados reflejan un bajo punteo en general en cuanto a servicios o productos turísticos, ya que solamente dos de los destinos cumplen con la mayoría de puntuación, siendo estos finca Chatimel y finca El Rincón.
- En el área se encontraron una gran gama de atractivos turísticos, que se sitúan a lo largo de siete diferentes fincas. Dentro de las mismas existen una gran gama de paisajes, atractivos naturales y culturales que no está siendo aprovechado de la mejor manera turísticamente.
- Los turistas locales, no tienen conocimiento de que existen destinos turísticos ya a su alcance dentro del área, lo cual refleja una falta de unificación entre las empresas turísticas dentro del área, para lograr el posicionamiento dentro del mercado local.
- Existe una gran gama de atractivos culturales, que tienen en común el hecho de pertenecer a la época colonial, los cuales no están siendo aprovechados, ni han sido investigados.
- Se caracterizaron las áreas de producción según la capacidad de uso del suelo; en el cultivo de café se determinó que es un suelo para con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje.
- Las áreas permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren prácticas intensivas de conservación de suelos.

- En el cultivo de ciprés se determinó que el área tiene limitaciones para usos agropecuarios de pendiente o pedregosidad.
- La zona permite el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies *arbórea*.
- En la finca la Estanzuela se realizó el inventario de aprovechamiento para el cultivo de ciprés, haciendo la propuesta de realizar una extracción del 50% de la plantación a los 10 años de edad; obteniendo un volumen de 1, 499,738 pies tablares, de diámetros menores. Al hacer una extracción de 150 árboles por hectárea a los 15 años se obtienen ingresos de Q 1, 616,529.60; mientras que al momento de hacer un corte final a los 25 años se obtienen ingresos por Q 8, 205,230.40.
- Se delimitaron 3 áreas significativas para las reservas naturales privadas; la primera es finca la Estanzuela, la segunda colinda al sur con finca la Estanzuela y la tercera se encuentra ubicada en finca el Recreo, las cuales representan un total de área aproximadamente de 59.7 ha para un ingreso de incentivos por conservación de bosque natural para protección de Q 5,410.20 durante los primeros cinco años.
- En el área de interés, según el levantamiento realizado, se identificó un total de catorce pozos. Además, se comprobó que cinco pozos son secos, de los cuales tres son artesanales y dos son mecánicos. Por lo tanto, nueve de los pozos tienen una producción de agua que va desde regular hasta muy buena. Siete de estos pozos son mecánicos y tan solo dos de los mismos son artesanales.
- El área de estudio posee buenas características que le permiten tener altas posibilidades para la recarga hídrica. La mayoría del área contemplada posee moderada posibilidad de recarga hídrica con un 53.53% del área total. Un 26.99% del área cuenta con baja posibilidad de recarga y un 14.05% con alta posibilidad. Los extremos de muy alta y muy baja posibilidad de recarga hídrica, se encuentran en un área limitada con un 0.54% y un 4.88% respectivamente.
- El agua contenida en los estratos superficiales del área de interés cumple con los requisitos mínimos establecidos por la norma COGUANOR NTG29001 para el análisis físico-químico; sin embargo, no cumple con los requisitos bacteriológicos mínimos para asegurar que sea de calidad para el consumo de las personas.
- El agua contenida en los estratos subterráneos del área de interés sí cumple tanto con los requisitos bacteriológicos mínimos para asegurar que sea de calidad para el consumo de las personas, como los requisitos mínimos establecidos por la norma COGUANOR NTG29001 para el análisis físico químico.
- En el área de estudio se reconoció un pequeño riachuelo el cual posee un caudal promedio hasta la fecha de 28.1 L/s, por lo que tiene potencial para la utilización de sus recursos en la propuesta del plan de ordenamiento territorial del proyecto “Condado Santa Elena”.
- La microcuenca del riachuelo analizado tiene una longitud total de 3.96 km y está en su fase de equilibro, por lo tanto es estable.
- El caudal mínimo de la fuente fue de 13 L/s en época seca, la cual puede abastecer a 6,240 personas a una razón de 180lt/habitante/día.

- Los resultados bacteriológicos demuestran que el agua no es apta para consumo humano, pero contratamiento simple de desinfección el agua se podría aprovechar para consumo doméstico.
- El nacimiento del río está contaminado debido a la posible contaminación presente en el área del manto freático que lo alimenta; en vista que en el lugar se pueden observar varias letrinas y drenajes.
- La tasa de crecimiento anual en demanda de consumo energético por alumbrado público para el "Condado Santa Elena" es de 2.374%.
- El crecimiento en demanda energética por alumbrado público en el período de 2014 a 2035 fue de 2.6 MWh a 4.26 MWh, utilizando la tasa de crecimiento poblacional de 2.374%.
- El sistema de 30 lámparas LED para alumbrado público y 10 paneles poli cristalinos es un proyecto no rentable. El escenario pesimista presentó una tasa interna de retorno de -5%, con un saldo pendiente de Q102, 197.50, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido. Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno de -3%, con un saldo pendiente de Q102, 197.50, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del -1%, con un saldo pendiente de Q81, 710.38, y la vida del proyecto de 25 años ya habría concluido.
- El sistema de 15 lámparas LED de 80 watts, para alumbrado público sí es un proyecto rentable. Se determinó utilizando el método de valor presente neto; una tasa interna de retorno del 16% en el escenario pesimista, con un total de ahorro por costo energético de Q212, 948.53, en un período de 25 años. La inversión se recupera en ocho años. Para el escenario base se obtuvo una tasa interna de retorno del 18%, con un total de ahorro por costo energético de Q258, 732.41, en un período de 25 años. La inversión se recupera en siete años. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno del 20%, con un total de ahorro por costo energético de Q328, 794.39, en un período de 25 años. La inversión se recupera en seis años. El sistema de 15 lámparas LED de 80 watts, por la energía ahorrada durante el período de 25 años, reduciría 12.13 toneladas de CO_2 si se hubiera utilizado carbón mineral, para generación de esta energía. La cantidad de energía ahorrada total durante 25 años, es de 128.18 GJ o su equivalente 35.6 MWh.
- En el proyecto "Condado Santa Elena" se cuenta con una velocidad promedio de viento de 8.26m/s. La finca el Rincón cuenta con una extensión de tierra plana donde se podría colocar un parque eólico. Un aerogenerador G90 (GAMESA) y una torre de 50 m, los cuales producirían 8, 443,027 kw/h, lo cual se podría aprovechar en su totalidad para el funcionamiento del condado.
- La madera como material de construcción, además de ser agradable al medio ambiente, brinda facilidad de diseño para crear estructuras duraderas y confiables.
- Se comprobó que los sistemas de ahorro energético representan una inversión bastante viable para su implementación en sistemas verdes.
- Un diseño y planeación sostenible en el ámbito de la construcción trae muchos beneficios a largo plazo, no sólo para el propietario, sino para las demás personas.

- En el ámbito guatemalteco es posible, reducir la huella de carbono en proyectos constructivos que pretenden manejar el tema de construcción sostenible y amigable con el medio ambiente.
- Mediante los parámetros de los créditos de la certificación verde se puede optar y garantizar que la edificación será sostenible en todos sus aspectos y asegurará el equilibrio que se debe tener con el medio ambiente.
- En cuanto al tema vial, con la ayuda del análisis de costo, el desarrollador puede tener una idea del precio por metro cuadrado de construcción vial, el cual es aproximadamente de Q 551.03 por metro cuadrado; de esta manera podrán tomar decisiones rápidas por dónde quiere o puede trazar el alineamiento en función de la economía y del tipo de suelo.

XIII. RECOMENDACIONES

- Se debe planificar adecuadamente el crecimiento urbano del municipio y de sus poblados para que se produzca ordenadamente y se tenga control sobre él. Para limitar el crecimiento y evitar que éste se desarrolle desordenadamente se recomienda crear barreras forestales y se sugiere renovar el casco urbano para fomentar proyectos de densificación vertical controlada.
- Para determinar la dirección adecuada para dirigir el crecimiento es importante la implementación de un plan de ordenamiento territorial (POT) y tener un plan de desarrollo urbano actualizado en vista del gran crecimiento de las áreas urbanas y así prever las necesidades de la población futura. Este plan es importante para reglamentar la zonificación, el fraccionamiento y urbanización, el mapa oficial del centro urbano, un reglamento de renovación urbana y un reglamento de construcción; con el fin de controlar y ordenar el crecimiento urbano para prevenir malas condiciones de vida y agotamiento de los recursos.
- Se debe pretender la concretización el plan de ordenamiento territorial. Se recomienda seguir una guía para el desarrollo de vecindarios ya que abarca muchos temas que pueden aportar mucho al condado.
- Formar alianzas estratégicas, entre los destinos turísticos sostenibles cercanos, que ya están en una etapa de desarrollo como producto turístico maduro. Esto permitiría, que lo atractivos o servicios que ofrecen cada uno se complementen entre sí y ofrezcan al visitante una mejor experiencia, una amplia gama de actividades y servicios. Específicamente, se recomienda que spa San Gregorio, spa Santa Teresita, finca Chatimel y finca El Rincón, puedan unificar esfuerzos, ofreciendo un mejor producto que destaque lo mejor de cada sitio.
- Tomando en cuenta los potenciales naturales, culturales y de aventura encontrados durante el estudio, es necesario que estos destinos logren unificarse y complementarse entre sí, lográndose promocionar como una región turística para atraer a una mayor diversificación de segmentos de turismo.
- Se recomienda elaborar un plan de promoción, mercadeo y publicidad a nivel local y regional, dando a conocer estos productos turísticos para atraer un mayor segmento de turismo tanto nacional como internacional. Este plan debe ser difundido en agencias de viaje, hospitales, aeropuertos, pymes de operados de turismo, INGUAT, Agexsport.
- Se recomienda invertir en una página web, que promocione los diferentes destinos como región turística, incluyendo las diversas actividades que se ofrecen actualmente dentro del área.
- Ampliar el estudio de la zona de interés a nivel global; es decir, la metodología que se empleó en específico para el estudio de capacidad de uso de la tierra para esta finca, se recomienda aplicarla a otras fincas del complejo de áreas involucradas en el plan de ordenamiento territorial.
- Optimizar la producción de café, ampliando las instalaciones de beneficiado de café, abastecimiento de agua y determinar la factibilidad de certificar el café de la zona como gourmet, así mismo se sugiere realizar un estudio para desarrollar sector turístico del café.

- El área que posee buena posibilidad para la recarga hídrica y se recomienda que cierta parte sea considerada para ser preservada, consiste en la zona que abarca los pozos 1, 2, 7, 9, 10 y 11. Esta región en total consiste aproximadamente de 2.60 km^2 de la cual, luego de diversos análisis podrá delimitarse el área efectiva que se destinará para asegurar una posibilidad de recarga alta.
- Utilizar fuentes privadas como el INDE ya que posee otras estaciones meteorológicas con información del área de estudio para tener información más específica.
- Realizar aforos con métodos más precisos, ya que el método del flotador es el menos fiable.
- Tomar en cuenta las estaciones del año, ya que dependiendo de eso los caudales varía.
- Realizar aforos una vez por semana durante todo un año tener datos más fiables del área.
- Tener en cuenta el presupuesto del proyecto y gestionar los recursos necesarios para alcances para realizar mayor cantidad de análisis de agua.
- Realizar más análisis físico químicos y bacteriológicos, ya que los realizados únicamente dan una idea general del estado actual del recurso.
- Realizar un análisis más extensivo sobre diferentes tecnologías de iluminación LED, para comprobar si disminuye el consumo energético del "Condado Santa Elena".
- Realizar análisis sobre paneles solares, con sistema mecánico eléctrico de seguimiento solar, para comprobar si aumenta de eficiencia de generación energética.
- Colocar aerogeneradores con torres de 50 m para mantener el paisaje de la naturaleza del área. La energía producida en el parque eólico, destinarla para el suministro del "Condado Santa Elena" y el excedente de energía venderla a la red eléctrica.
- Hacer un estudio de por lo menos un año y medio, colocando una torre la cual mida constantemente con intervalos de diez minutos la velocidad y dirección del viento. Buscar una torre de 3 MW en lugar de una de 2 MW (G90) debido que esto subirá un 20% a 30% el precio de las torres, pero habría un aumento de 40% a 50% en la generación.
- Hacer un estudio sobre el bombeo de agua con la utilización de energía eólica, para ver las posibilidades de implementar dicha tecnología en el lugar. Hacer un estudio de perfectibilidad de la producción de energía eólica en el túnel de viento.
- Optimizar sistemas constructivos para un diseño más eficiente y aprovechar más los materiales de construcción. También evaluar la posibilidad de implementar energía eólica de baja escala como otra alternativa de producir energía sostenible y compararla con la de se obtiene de los paneles solares.
- En vías de continuar en la misma línea de pensamiento verde, se recomienda que el grupo que continúe en la investigación de proponer un plan de ordenamiento territorial para el "Condado Santa Elena" se concentre en la certificación del plan maestro como tal. Dicha certificación se puede lograr y se recomienda realizarla mediante una guía de certificación para vecindarios.
- Minimizar o prohibir el tránsito del tráfico pesado dentro de las vías del proyecto para que no se requiera de un espesor de carpeta de rodadura mayor a la necesaria.

Recomendaciones para futuras investigaciones:

- Utilizar las propuestas individuales para proveer de propuestas para la zonificación del área de estudio y de esta manera poder completar la segunda fase de la propuesta de plan de ordenamiento territorial.
- Se recomienda que al momento de realizar cualquier estudio que afecte a la población se utilicen los datos poblacionales recientes para analizar tendencias actuales y no deducirlas de censos de población de más de diez años de antigüedad, ya que la tendencia actual y las necesidades de planeación pueden diferir radicalmente de lo ocurrido anteriormente.
- Es muy importante en futuras investigaciones tomar en cuenta el comportamiento o la tendencia de crecimiento de la población en los alrededores de la población de estudio, ya que esta se ve afectada por los diversos cambios que se dan en las poblaciones cercanas a ella e incluso en el país.
- Determinar la factibilidad de incorporar el cultivo de nance (*Byrsonima crassifolia*) en asocio con otros cultivos, o como sombra de café y optimizar la producción, ya que el cultivo es nativo y las condiciones ambientales son las adecuadas.
- Determinar la factibilidad de incorporar un aserradero portátil para la extracción de la madera en la finca.
- Determinar si el uso de diámetros menores según las características físicas de la madera, podría el volumen de raleo justificar la producción de muebles.
- Determinar la factibilidad de producción de plantas forestales bajo invernadero, con características genéticas de rápido crecimiento, resistente a plagas y enfermedades.
- En el caso de las reservas naturales privadas, se recomienda que los finqueros se asocien, ya que ellos son los que deciden cómo manejar sus bosques o reserva.
- Continuar con el inventario de fauna y flora de las áreas para determinar la riqueza de biodiversidad de las áreas.
- El inventario de pozos que se presenta en este trabajo únicamente contempla los pozos que se encuentran en fincas a las cuales se tuvo acceso. Por lo tanto, se recomienda para futuros trabajos que le den seguimiento a la presente investigación, recolectar más información sobre los demás pozos que se encuentran en el área de interés. Esto ayudará a tener un perfil de columnas de agua más detallado y exacto, que permitirá generar análisis más certeros del comportamiento del agua subterránea.
- Hacer un estudio económico específico para el lugar, contactando a la empresa a la que se comprará los aerogeneradores, ya que por lo general ellos mismos montan todo el parque eólico.
- Definir los futuros polos de desarrollo para luego realizar un diseño geométrico de las carreteras una vez estos ya hayan sido establecidos.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

2008. Mundo digital, (en línea), Puerto Rico. Consultado 3 mayo 2014. Disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf

Abascal, Secaira, Cardona, Abascal, Medinilla y Leiva. 2004. *Plan de manejo de la Reserva Natural Privada Castaños, Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala*. USAID, The Nature Conservancy Asociacion de Reservas Naturales de Guatemala. 41 páginas.

Acciones para la conservación de los recursos naturales. 2008. *Guatemala: Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala*.

AEIC. 2013. Revista de Asociación de Estudiantes de Ingeniería Civil. Universidad del Valle de Guatemala.

Aghayere, Abi; Vigil, Jason. 2007. *Structural Wood Desing A Practice-Oriented Approoach Using the ASD Method*. John Wiley&Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA.

Alberich, J. (s.f.). *Módulo: Población mundial y desarrollo sostenible*. Obtenido de http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=24&lang=es

Almirón, Analía Verónica. 2004. *Turismo y Espacio, Aportes para otra geografía del turismo*. Espaço e Tempo [Brasil]. 16. 166 -180. En: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/geousp/Geousp16/Interc%C3%A2mbio1.pdf. [Con acceso el 6 de julio del 2014].

American Association of State Highway and Transportation Officials. 1993. *AASHTO Guide for design of pavement structures*. Washington, D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials. 2001. *A policy on geometric design of highways and streets*. Washington D.C.

American Forest & Paper Association; American Wood Council. 2005. *National Design Specification for Wood Construction NDS*. Washington DC, USA.

AMSA (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán, GT). s.f. *Caracterización físico biótica de la cuenca del lago de Amatitlán*. Guatemala.

Araya, Carolina. 2004. *Ordenamiento Territorial con fines turísticos en las cuencas de los ríos Puelo y Cochamo, Comuna de Cochamo, Región de los Lago*. Tesis Universidad de Chile. 135 págs.

Arias, L. R. 2013. Diario de Centro America. Obtenido de hacia la urbanización: http://www.dca.gob.gt/index.php/section-table-2/item/18928-hacia-la-urbanizaci%C3%B3n.html

Asistente Técnico para la Construcción Sostenible. 2011. *Sistemas Pasivos*. Madrid, España.

Aurazo, Margarita. 2004. *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. 147 págs.

Autor: Anónimo. 2014. Disponible en la web: http://www.dforceblog.com/2013/02/26/30-increibles-disenos-de-techos-verdes/

Autor: Anónimo. Disponible en la web: http://artbustojardines.wordpress.com/2011/08/31/cubiertas-vegetales-definicion-y-tipos/

Autor: Anónimo. Disponible en la web: https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/propiedades-fisicas

Autoridad para el manejo sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlan AMSA. 1999. *Propuesta de ordenamiento territorial de la cuenca del Lago de Amatitlán*. Guatemala.

Balbo, M., Jordán, R., & Simioni, D. 2003. *La Ciudad Inclusiva*. Santiago de Chile: Comisión Económica para America Latina y el Caribe CEPAL.

Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI). 2013. *Informe sobre Seguimiento Mundial (ISM).* The World Bank Group.

Barrera, G. 2013. *Evaluación técnica y económica del proyecto piloto de generación fotovoltaica en Universidad del Valle de Guatemala*. Guatemala.

Barrios, Andrés. 2007. *Estudios, Análisis y Diseños de perforación de pozos mecánicos, para abastecimiento de agua y efectos de la sobreexplotación de los mantos acuí*feros. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 119 págs.

Bernal, J. 1979. *Historia de la ciencia*. Barcelona: Ed. Península.

Bertuzzi, M. L., & Arroyo, J. 2005. *Ciudad y Urbanización: problemas y potencialidades*. Universidad Nacional del Litoral.

Blanco, Marvin. 2008. *Guía para la elaboración del plan de desarrollo turístico de un territorio*. IICA. En: <<http://www.territorioscentroamericanos.org/turismorural/Documentos%20compartidos/Gu%C3%ADa%20para%20elaborar%20el%20plan%20de%20desarrollo%20tur%C3%ADstico%20de%20un%20territorio.pdf>> [con acceso el 07 de Julio 2014]

Borja, J. 2003. *La Ciudad Conquistada*. Madrid: Alianza.

Boylestad, R. 2004. *Introducción al análisis de circuitos*. 10 ed. Págs. 59, 60,112, 98, 103, 106, 108,109.

Bringas, Nora., y Lina Ojeda. 2000. *El ecoturismo: ¿una nueva modalidad del turismo?* Revista economía, sociedad y territorio II, 7: 373-403 En: << http://www.redalyc.org/pdf/111/11100701.pdf>> [con acceso el 06/07/2014]

Carballo, Adolfo, *et al*. 2008. *La huella ecológica corporativa: concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia*.

Cárdenas Grisales, J. 2002. *Diseño Geométrico de Carreteras.* Bogotá.

Castro Gómez, S. 1998. *El Concepto de Racionalización en la Teoría Social Contemporanea*. Obtenido de Pontificia Universidad Javierana Bogotá, Colombia: http://www.javeriana.edu.co/pensar/sotrosSS1.html

Centro Nacional de producción más limpia de Costa Rica. 2010. *Buenas prácticas Operativas de producción más limpia en el sector turístico hotelero*. San José, Costa Rica.

Cervantes, Jorge. 2007. *El ordenamiento territorial como eje de planeación de proyectos de turismo sustentable.* Revista Ciencias Sociales Online [Chile]. IV (2): 16pp. En: http://www.uvm.cl/csonline/2007_2/pdf/cervantes-gomez.pdf. [Con acceso el 6 de julio del 2014].

Chang Osorio, L. 2011. *Tesis: Escuela Pública de Educación Primaria en el Municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala - Facultad de Arquitectura.

Chapas, Jorge David. 2005. *Estudio preliminar sobre rendimientos y costos laborales en actividades de aprovechamiento de productos maderables en bosques naturales de Coníferas en los departamentos de Guatemala y Chimaltenango*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 95 páginas.

Chocontá Rojas, P. A. 1998. *Diseño Geométrico de Vías.* Bogotá.

Christaller, W. 1933. *Los Lugares Centrales en Alemania Meridional*.

Claudia María, Lima Ruiz. 2012. *Energía Eólica: comparación con Energía Solar*. Megaproyecto. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Guatemala.112 págs.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2012. *Nota de la CEPAL*. Obtenido de http://www.eclac.cl/notas/73/Titulares2.html

Comision Nacional de Energia Electrica . 2012. *Perspectivas de los Planes de Expansion*. Guatemala.

Comisión Nacional del Agua. 1998. *Norma Ténica: Metodos de Proyección de Población*.

Comité Español de Iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 2005. *Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. Madrid, España.

CONAP, 2001. *Reservas Naturales*. (en línea), Guatemala. Consultado 12 mayo 2014. Disponible en http://photos.state.gov/libraries/guatemala/788/pdfs/Reservas%20Naturales-Biodiversidad.pdf

Consejo Nacional de áreas Protegidas –CONAP-. 2005. *Guía para establecer una reserva Natural Privada*. 3ra. Edición. 19 páginas.

Construcción sostenible, Nuevas perspectivas y Normalización. 2010. *Análisis del ciclo de vida, una aproximación necesaria*. Madrid, España.

Cruz, Susana. 2005. Disponible en la web: http://ecotecnologiasparaelbienestar.wordpress.com/eco-tecnologias/azoteas-verdes/

Darío, Rubén. 2010. *VIII Congreso Nacional de Turismo. VII Congreso Nacional de Turismo I Encuesta Sector Turismo*. Asociación de Investigación y Estudios Sociales, ASIES. Cámara de Turismo en Guatemala. En: <http://www.camtur.org/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=375>

De León, Arturo Roberto. 2011. *La luz solar en la Arquitectura*. Tesis de Arquitectura, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

De Vries, J. 1987. *La Urbanización de Europa. Londres*. Methuen and Co. Ltd.

Delgado, M. 1999. *El Animal Público*. Barcelona: Editorial Anagrama.

Dercourt, Jean; Paquet, Jacques. 1984. *Geología*. Editorial Reverte. 440 págs.

Donado, Leonardo. 1999. *Hidráulica de Pozos*. Capítulo 8. 41 págs.

Facts, G. 2009. *Resumen del segundo informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Naciones Unidas.

Faustino, Jiménez. 2000. *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales.

Fenerca, *et al*. 2001. *Reducción de emisiones de carbono una guía para una empresa responsable*. Centroamérica, Guatemala.

Fernández Fúster, Luis. 1991. *Historia general del turismo de masas*. Alianza Universidad. Madrid, España: 26 págs.

Fernández Güell, J. M. 2006. *Planificación Estratégica de Ciudades*. Barcelona: Editorial Reverté.

Fernández, M. 1996. *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina*. Editorial Soluciones Prácticas.

Fuentes, Sonia Anibbeth. 2012. *La importancia de crear una Institución Estatal de carácter permanente para la prevención de incendios forestales en las regiones de Sololá y Coatepeque a manera de preservar las áreas protegidas en Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 85 págs.

García Espil, E., & Tella, G. 2006. *Hacer ciudad: la construcción de las metrópolis*. Editorial Nobuko.

Godoy, Juan Carlos. 2004. *Estrategia Regional para el desarrollo de la conservación de tierras privadas en Centro América*. The Nature Conservancy, Proarca (Programa Ambiental Regional para Centro América), Asociación de Reservas Naturales de Guatemala, USAID. 27 págs.

Gustavo Enrique, Perdomo Sierra. 2012. *Aplicación práctica de las turbinas de la Energía Eólica*. Megaproyecto. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 94 págs.

Hernández Aragón, J. 2007. *La localización de las Actividades de los servicios superiores en el centro de la ciudad*. Puebla, Mexico: Editor Juan Carlos Martínez Coll.

Huertas, Ana Gertrudis. 2007. *Gestión colectiva y su incidencia en la conservación y utilización del bosque comunal, Parcialidad Bquiax, Cantón Juchanep, municipio de Totonicapán, Totonicapán*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 118 págs.

Humberto José, Muñoz Arias. 2012. *Mini Generadores Eólicos para hogares en la Ciudad de Guatemala*. Megaproyecto. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 88 págs.

Ibáñez, Reyna.,Villalobo. 2012. .*Tipologías y antecedentes de la actividad turística: turismo tradicional y turismo alternativo*. Medio ambiente y política turística en México Tomo I: Ecología, biodiversidad y desarrollo turístico. 1, 17 págs.

INGUAT, 2012. *Perfil de segmentos turísticos. Inteligencia de Mercados Turísticos. Depto de Investigación y Análisis. Instituto Guatemalteco de Turismo*. Guatemala. En: http://www.inguat.gob.gt/inteligencia-de-mercados-inguat/PERFIL-DE-LOS-SEGMENTOS-TURISTICOS-SEGUN-OMT.pdf>> [Con acceso el 6 de julio del 2014].

Iriarte White, S. 2011. *Tesis: La necesidad de reglamentar el crecimiento urbano en el municipio de Villa Canales para evitar la contaminación ambiental*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

José Joaquín, Miranda García. 2008. *Estudio y planificación de un parque eólico*. Proyecto fin de carrera. Universidad Pontificia comillas, Madrid, España. 245 págs.

Juan Elpidio, Gómez Consuegra. 2013. *Inserción de generación distribuida en la red de distribución eléctrica de Guatemala*. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 126 págs.

Juan Manuel, Molina Medina. 2012. *Estudio De Viabilidad Técnico-económica de un Parque Eólico de 40MW De Potencia*. Tesis. Universidad Politécnica de Cataluya, Madrid, España. 67 págs.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Republica Federal de Alemania, GTZ. 335 p.

López Monterroso, J. 2007. *Tesis: Propuesta de Ordenamiento Urbano y Nomenclatura en el Municipio de San Juan La Laguna, Solola*. Universidad de San Carlos de Guatemala - Facultad de Arquitectura.

López, Juan. 2010. *Agua subterránea en el parque natural marítimo terrestre de Cabo de Gata, Níjar, Almería*. Instituto Geológico y Minero de España. 262 págs.

Losilla, Marcelino, *et al*. 2001. *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central*. Editorial Universidad de Costa Rica. 205 págs.

Martínez, M; Delgado, P; Fabregat, V. 1998. *Aplicación del Método DRASTIC para la evaluación del riesgo de afección a las aguas subterráneas por una obra lineal*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid, España. 420 págs.

Matus, Faustino, *et al*. 2009. *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*. Costa Rica. 21 págs.

Mayén, Kristel. 2013. *Guía para la evaluación del impacto ambiental de construcciones parte IV*. Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

Mayén, Kristel. 2013. *Análisis de beneficios medioambientales y evaluación de costos de la implementación de instalaciones especiales verdes en una casa en Guatemala*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Melgar, Marvin y V. S. Sanna. 2011. *Estudio comparado sobre la legislación e Institucionalidad del Ordenamiento y Desarrollo Territorial, de los países que conformas el sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y la Unión Europea*. Consultoría Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa y Urbal. 222 págs.

Melgar, Marvin. 2001. *Informe de Mapeo de Actores Claves (MAC) Mancomunidad COLOSUCA*. Programa de Conservación de Deuda de Honduras frente a España. 128 págs.

Méndez, Víctor; Monge-Nájera, Julián. 2003. *Costa Rica: Historia Natural*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Primera Edición. 260 págs.

Miguel, A. E., Torres, J. C., & Maldonado, P. 2011. *Fundamentos de la Planificación Urbano-Regional*. Oaxaca, México.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos (MAGA). 2007. *Plan de ordenamiento urbano –POU- de San Francisco, Petén*. Autoridad para el manejo y desarrollo sostenible de la cuenca del lago Petén Itzá. 131 págs.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2011. *Guía práctica para la reducción de emisiones en el sector público guatemalteco*. Guatemala, Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2007. *Plan de Ordenamiento Urbano de San Francisco, Petén*. En: www.marn.gob.gt/documentos/AMPI/C/C7/C7.2.doc [Con acceso el 6 de julio del 2014].

Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. 2000. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala.

Ministerio de Educación, Unidad Sectorial de Investifagación y Planificación Escolar. 2007. *Normativa para la infraestructura escolar*. Guatemala.

Ministerio de Energía y Minas. 2005. *Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovables*. Guatemla.

Ministerio de Energía y Minas . 2011. *Identificación de potencial de energía solar por medio de la insolación en sitios del programa de medición de la dirección general de energía*. Guatemala.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 2012. *Red de Servicios*. Guatemala.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2008. *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.

Molina, Antonio. 1996. *Materiales de Construcción en Ingeniería Civil*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Monsalve, Germán. 1999. *Hidrología en la Ingeniería*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Departamento de Publicaciones. 382 págs.

Morales, Roberto. 2010. *Desarrollo de información científica para promover la planificación municipal para reducir riesgos a desastre*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 140 págs.

Municipalidad de Guatemala, Dirección de Planificación Urbana. 2014. *Plan de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de http://pot.muniguate.com/docts_soporte/01_situacion_territorial.php

Municipalidad de Villa Canales. 2008. *Plan de Desarrollo Municipal 2008 - 2012*.

Muñoz Zapatero, J. C. 2006. *Plan General de Ordenación Urbanistica de Pilas*. Sevilla: Arquitectura y Gestión Urbanística L.S.

Nanne, Michelle. 2014. *Caracterización de actividades turísticas actuales y potenciales en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso en el departamento de Baja Verapaz, a través de una metodología innovadora basada en un Plan de Ordenamiento Territorial*. Licenciatura en Ecoturismo. Facultad de Ciencias y Humanidades. Tesis de Universidad del Valle de Guatemala.

Navarro, Antonio. 2013. Disponible en la web: http://proyectofrisoalmagro.blogspot.com/2013/03/2-materiales-para-la-instalacion.html

Noriega, Juan. 2005. *Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Sibacá, Chinique, Quiché*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 83 págs.

Observatorio de la Sostenibilidad en España. 2009. *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte por carretera*. España.

Oliva, M. 2012. *Estudio de prefactibilidad para el mejoramiento de la iluminación del edificio t-3 aplicando tecnolgía led*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. págs. 5,6 .

Open Ingeniería. 2011. *Minimum Program Requirements*. Colombia.

Organizacion de las Naciones Unidas, O. 2006. *El agua, una responsabilidad compartida*. Pograma Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos.

Organización Mundial del Turismo. 1999. *Guía para administraciones locales: desarrollo turístico sostenible*. Madrid. OMT.

Organización Mundial del Turismo. 2002. *Turismo: Panorama 2020. Previsiones mundiales y perfiles de los segmentos de mercado*. Madrid. OMT.

Ortiz, Luis. 2008. *Vigas de madera horizontales para proyectos habitacionales en Arquitectura*. Tesis de arquitectura, Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Oseida, Marcel Holland. 2008. *Sistematización de los resultados del Instituto Nacional de bosques –INAB- en administración forestal municipal, en las regiones forestales I y V. (Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango).* Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 111 págs.

Osorio, Maribel. 2010. *Turismo Masivo y Turismo Alternativo. Distinciones de la sociedad moderna/posmoderna*. Convergencia Revista de Ciencias Sociales. Universidad Autónoma del Estado de México, 52 págs.

Paiz, Iván Edmundo. 2006. *Análisis jurídico del marco ambiental de los bosques Guatemaltecos y de las principales causas que provocan su deforestación*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 117 págs.

Pommerville, Jeffrey. 2011. *Alcamo's Fundamentals of Microbiology. Jones & Bartlett Publishers*. Canadá. 860 págs.

Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000. 2000. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Ciudad de Guatemala. 48 págs.

Promateriales Revista. 2013. Disponible en la web: http://www.promateriales.com/noticia/3111/Materiales-de-Construccion-2013/Iluminacion-artificial-en-la-arquitectura-Mayo-2013.html

Ramírez, Lilian. 2003. Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 172 págs.

Rodríguez, Leslie Alejandra. 2008. *Planificación del uso de la tierra en la aldea El Cerrito, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 180 págs.

Saavedra, F., & Landa, R. 2000. *Población, medio ambiente y desarrollo sustentable: dos estudios de caso: regiones Mariposa Monarca y Costa Chica de Guerrero*. México: FLACSO.

Schneider, H; Samaniego, J. 2010. *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago, Chile.

Secretaria de Integración Económica Centroamericana. 2002. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: Secretaria de Integración Económica Centroamericana.

Secretaria de Turismo de México (SECTUR). 2004. *Turismo Alternativo, Una nueva forma de hacer turismo*. En: http://www.metztitlan.com.mx/_ReservaBiosfera/_Fasciculos/1turismoalternativo.pdf. [Con acceso el 6 de julio del 2014].

Sistema de Información y Desarrollo (SID). 2014. *Comportamiento turístico a nivel mundial y centroamericano en el 2012*. En: http://www.sidturismo.org/index.php/informacion [con acceso el 06/07/2014]

Sistema Nacional de Planificación Estratégica Territorial (SINPET). 2006. *Estrategia de Desarrollo Territorial para la República de Guatemala*. Guatemala.

Situación del Recurso Hídrico en Guatemala. 2005. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala. 32 págs.

Solares, Jorge Mario. 1987. *Importancia de la Ecología en la Arquitectura*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 110 págs.

Soriano, C. 1990. *La estrategia básica del marketing*. Ediciones Díaz Santos. Madrid. 88 págs.

Tanchez, Antonio. 2011. *La Aplicación del Medidor Monofásico Electrónico de Energía Eléctrica para uso Doméstico e Industrial en Guatemala.* Tesis de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Tax, Marco Alexander. 2005. *Caracterización de potencial de uso maderable y no maderable del bosque secundario en las áreas adyacentes al Parque Nacional El Rosario, Sayaxche, Peten y lineamientos generales de manejo forestal.* Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 125 págs.

Thompson, Louis; Troeh, Frederick. 1988. *Los suelos y su fertilidad*. Cuarta Edición. Editorial Reverte. 649 págs.

Torrado, S. 2004. *Argentina: Escenarios Demoráficos hacia 2025*. Programa de Estudios Prospectivos de la Secretaría para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Productiva (SECTIP).

Torres-degro, A. 2011. *Tasas de crecimiento poblacional (r): una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial*. Puerto Rico. págs. 148, 149.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. (s.f.). Paginas Web Educativas. Obtenido de Licenciatura en Geografía Humana: http://sgpwe.izt.uam.mx/Curso/340.Geografia-Economica.html

Universidad Nacional Autónoma de México y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. *Urbanización periférica y deterioro ambiental en la Ciudad de México el caso de la delegación de Tlalpan en el Distrito Federal*. Ciudad de México.

Velasco, Silva, *et al*. 2000. *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Chile, Santiago. 235 págs.

Vélez, María. 1999. *Hidráulica de aguas subterráneas.* 2da edición. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.156 págs.

Wagner, R. 2001. *El mercado de carbono y sus beneficios para Guatemala*. Guatemala, Guatemala.

Walter Hushorst. 2009. *Manual Práctico de evaluación de una Instalación eólica a pequeña escala*. 20 págs. http://www.leonardo-energy.org/espanol

Zambrano, Orlando. 2005. *Propuesta de un Sistema Constructivo de Paredes Para Edificaciones Utilizando Maderas Nacionales*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

XV. GLOSARIO

- Actividad turística: comprende aquellos actos que realizan las personas para que puedan acontecer hechos de carácter turístico-recreacional. Es la suma de todas aquellas empresas que invierten valiosos recursos para producir bienes y servicios en beneficio de las comunidades anfitrionas.
- Atractivos turísticos: valores propios existentes, que motivan la concurrencia de una población foránea susceptible a ser dispuesto y/o acondicionadas específicamente para su adquisición y/o usufructo recreacional directo.
- Base: capa de espesor diseñado que constituye parte de la estructura del pavimento y está destinada a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Se coloca directamente debajo de la carpeta de rodadura.
- Capacidad instalada: potencia nominal o de placa de una unidad generadora.
- Celda solar o celda fotovoltaica: elemento que transforma la luz solar (fotones) en electricidad. Es el insumo fundamental de los módulos solares fotovoltaicos.
- Comunidad local (los habitantes, costumbres y tradiciones): personas que viven dentro del área donde se desarrolla el turismo. El producto turístico debe incluir a los residentes, ya que son ellos los que ponen la diferencia principal entre un lugar y otro.
- Condiciones de prueba estándar: condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 KWh/m^2 de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1.5)
- Conductor eléctrico: todo material capaz de conducir la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica se utilizan “hilos” fabricados generalmente de cobre o aluminio.
- Conexión a la red: sistema de generación conectado a la red pública de electricidad.
- Conexión en paralelo: método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.
- Conexión en serie: método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.
- Constante solar: cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m^2 por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1.36 KW/m^2.

- Consumo eléctrico: número de watts hora (Wh) o kilowatts hora (KWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.
- Contador eléctrico: instrumento que mide la energía consumida. Puede ser propiedad del cliente o de la empresa suministradora. Mide los consumos en KWh.
- Corriente alterna: en la corriente alterna (CA o AC, en inglés) los electrones, a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo).
- Corriente continua: la corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.
- Corriente de corto circuito: corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.
- Corriente de máxima potencia: corriente correspondiente al punto de máxima potencia.
- Demanda turística: en términos generales es el conjunto de bienes y servicios que los turistas están dispuestos a adquirir en un determinado destino. Ahora bien, de acuerdo con los principios y normas del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN), se entiende como un agregado constituido por la suma del consumo turístico, el consumo colectivo turístico y la formación bruta de capital fijo. En el enfoque de la demanda, el turismo estaría determinado por la cantidad y las características de los bienes y servicios consumidos por los visitantes.
- Destino: es el lugar visitado. En el caso de los visitantes internos, el destino es una zona dentro del mismo país de residencia. En el caso de los visitantes internacionales, el destino puede referirse al país visitado o a una región de dicho país. Un destino es la unidad geográfica básica utilizada para la elaboración de las estadísticas del turismo. Dentro del país de referencia, el país puede dividirse en zonas de destino que representan regiones turísticas homogéneas o que pueden ser grupos de regiones administrativas del gobierno local.
- Estadísticas de turismo: una herramienta que se utiliza para el estudio de los fenómenos relacionados con el sector turismo, mediante un conjunto de procedimientos de recolección, procesamiento, clasificación, análisis y difusión de información, para conocer el comportamiento de la actividad turística, describiéndolo cuantitativamente para la toma de decisiones en materia de políticas turísticas.

- Ecoturismo: el ecoturismo se define como un <<turismo responsable hacia áreas naturales que protege el entorno y provee bienestar a la población local>> (The Ecotourism Society, 1993:8). Turismo de base ecológica. Forma de turismo especializado en la naturaleza, centrado en actividades a pequeña escala con excursiones a zonas naturales; puede incluir visitas a lugares de interés cultural tradicional. Concede atención especial al desarrollo respetuoso del medio y al grado de uso por los visitantes (OMT, 1996). Corresponde a un tipo de turismo que involucra un viaje hacia áreas naturales no contaminadas o relativamente poco alteradas con el propósito de estudiar, admirar y disfrutar del paisaje y sus plantas y animales salvajes, así como de la cultura local (Ceballos Lascuráin, 1988).
- El consumo turístico emisor: es el consumo efectuado por los residentes como resultados de sus viajes a países diferentes de aquél en el que residen.
- Infraestructura: es la dotación de bienes y servicios básicos con que cuenta un país y permite que el viaje sea cómodo y agradable, se puede clasificar en red de transportes (red ferroviaria y vial), terminales terrestres (aeropuertos, terminales de buses, puertos, *etc.*), redes de servicios básicos (agua potable, electricidad, *etc*.), redes de comunicaciones (correo, teléfonos fijos, equipos celulares, fax, internet, *etc*.).
- Mercado meta: son los segmentos del mercado potencial que se seleccionan en forma específica. Se especifica como el mercado que la empresa desea y decide captar.
- Mercado potencial: se compone de todos los entes del mercado total que además de desear un servicio, o un bien, también cuenta con condiciones de adquirirlas.
- Mercado real: representa el mercado al cual se ha logrado llegar a los consumidores de los segmentos del mercado meta que se han captado. Es el mercado con el que actualmente cuenta la empresa.
- Mercado total: está compuesto por todo ese grupo de personas que cumplen con necesidades que pueden ser satisfechas por la oferta de una empresa.
- Oferta turística: comprende el conjunto de bienes y servicios capaces de facilitar la comercialización del producto turístico a fin de satisfacer la demanda de los visitantes, en esta condición se entiende por cualquier establecimiento en donde el cliente y/o usuario son principalmente turista.
- Ocio: es el tiempo que el hombre puede disponer fuera de sus horas de trabajo, es un elemento compensador de las condiciones de trabajo y de la vida moderna. El ocio permite, mediante la evasión y la distracción, reparar lo desgastes psicofisiológicos que puede provocar una técnica insuficientemente humanizada. El ocio es un tiempo libre que puede permitir al hombre mantener su valor humano y profesional.

- Patrimonio histórico cultural: constituye un atractivo que motiva el desarrollo de actividades turísticas determinadas por la apreciación del carácter urbano, arqueológico, artístico, arquitectónico o histórico de un lugar u obra humana.
- Pavimento flexible (asfáltico): pavimento compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base granular y una subbase.
- Pavimento rígido: estructura conformada por losas de hormigón de cemento hidráulico.
- Pavimento: superficie artificial creada para darle estabilidad y solidez al piso.
- Producto turístico: es el conjunto de bienes y servicios que se ofrecen al mercado en forma individual o en una gama muy amplia de combinaciones resultantes de las necesidades, requerimientos o deseos del turista y/o visitante.
- Senderismo: actividad cuyo fin es caminar o visitar una zona determinada, utilizando un sendero de condiciones geográficas variadas, sin pernoctar y que no requieren el uso de técnicas y equipos especializados de montaña.
- Sitio de camping: unidad de terreno delimitado asignado a una persona o grupo de personas que hacen vida al aire libre para la instalación temporal de carpas, casas rodantes u otras instalaciones similares para pernoctar dentro de un recinto de campamento o camping.
- Spa (salute per agua): establecimiento que cuenta con infraestructura habilitada para aprovechar las propiedades de elementos naturales reconocidos como beneficiosas para la salud, tales como agua; agua mineral o volcánica; agua del mar u otros. En ocasiones se utiliza complementariamente a tratamientos de salud.
- Subbase: capas de material especificado y de espesor establecido según el valor soporte del suelo, colocado sobre una subrasante con la finalidad de sustentar la capa de base superior.
- Subrasante: capa de terreno para una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.
- Tipos de turismo: existen distintos tipos de turismo de acuerdo a las características y motivaciones que impulsan a las personas a realizar desplazamientos turísticos, aunque un mismo viaje puede suponer dos o más tipos de motivaciones.
- Trekking: actividad recreativa efectuada a pie, cuyo escenario es la naturaleza nativa y a veces agreste.
- Turismo cultural: puede ser entendido como aquel en que la principal motivación es conocer aspectos de la cultura (costumbres; arquitectura; manifestaciones artísticas; gastronomía; *etc*.) de

los antiguos y/o actuales habitantes del lugar visitado. Este se puede dar tanto en el medio urbano como rural.

- Turismo de aventura: es un tipo de turismo efectuado por personas que realizan actividades turísticas en contacto con la naturaleza con un riesgo controlado, cuya característica más notable es el uso de servicios turísticos no tradicionales. Generalmente las personas aficionadas al turismo de aventura, prescinden del lujo y la comodidad.
- Turismo de naturaleza: el turismo de naturaleza puede ser entendido como <<un segmento turístico con una demanda especial, que se caracteriza en promover actividades relacionadas con la naturaleza, en atractivos paisajes naturales poco intervenidos, preferiblemente en áreas protegidas>> (Ecotourism Working Group, 1995). Las actividades que se pueden realizar van desde observación de la flora y la fauna hasta el turismo de aventura pasando por la pesca y caza; fotografía; deportes, *etc*.
- Turismo de salud: es un tipo de turismo que está enfocado a las personas interesadas en disfrutar de lugares donde encuentren su bienestar en forma integral (psíquico, físico y social) para mejorar su salud, ya sea en la curación de padecimientos crónicos, combatir adicciones, control de peso, reactivación orgánica general, entre otros.
- Turismo interno: es el consumo efectuado por los visitantes residentes como resultado directo de sus viajes dentro de su país de residencia.
- Turismo nacional: comprende todo el consumo turístico por parte de visitantes residentes, sin tener en cuenta donde tiene lugar el consumo. Incluye el consumo turístico interior y el consumo turístico emisor.
- Turismo: se define turismo como cualquier tipo de viaje de una persona fuera de su lugar de residencia fija por más de 24 horas, generalmente con fines de recreación o disfrute. Por lo que se podría decir que el turismo, es aquella actividad que implica desplazamiento momentáneo con realización de gasto de renta, cuyo objetivo principal es conseguir satisfacción con los bienes servicios que se ofrecen a través de una actividad productiva, generada mediante una inversión previa.
- Turista: es un visitante que permanece en un medio de alojamiento colectivo o privado en el lugar visitado por lo menos una noche.
- Turístico internacional: comprende el consumo turístico receptor y el consumo turístico emisor.
- Turístico receptor: es el consumo efectuado por los visitantes no residentes como resultado directo de sus viajes a, y dentro de, la economía de compilación.

XVI. LISTADO DE ACRÓNIMOS

AASHTO: America Association of State Highway and Transportation Officials.

AEE: Association of Energy Engineers.

AGEXPORT: Asociación Guatemalteca de Exportadores.

AGN: Agencia Guatemalteca de Noticias.

AMSA: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de lago de Amatitlán.

ARNP: Asociación de Reservas Naturales Privadas.

CIV: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

EWEA: European Wind Energy Association.

GWEC: Global Wind Council.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

INAB: Instituto Nacional de Bosques.

INDE: Instituto Nacional de Electrificación.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

INGUAT: Instituto Guatemalteco de Turismo.

INSIVUMEH: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design.

MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

MARN: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

MEM: Ministerio de Energía y Minas.

MINEDUC: Ministerio de Educación.

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia.

MTA: Asociación de Turismo Médico.

NDS: National Design Specification.

OMT Organización Mundial de Turismo.

PIB: Producto Interno Bruto.

PINFOR: Programa de Incentivos Forestales.

POT: Plan de Ordenamiento Territorial.

RNP: Reserva Natural Privada.

SEGEPLAN: Secretaria de planificación y Programación de la Presidencia.

UNWTO: World Tourism Organization.

USGBC: United States Green Building Council.

XVII. ANEXOS

A. Anexo: Turismo.

Tabla de criterios utilizados en el estudio turístico.

Tipo de turismo	Atractivos tangibles e intangibles		Criterios del estado de conservación	Ponderación del estado de conservación
	Tipo	Subtipo		
Cultural	Arquitectura y espacios urbanos	Etnia/idiomas	Fuerte y dominante, el idioma es predominante a todas las edades.	3
			Los adultos la hablan y es la lengua materna o paterna de los niños.	2
			Los adultos la hablan, pero ya no se les está transfiriendo el conocimiento a los hijos.	1
			Solamente los mayores la hablan.	0
		Monumentos y curiosidades	El monumento o la curiosidad es conocida nacionalmente.	3
			El monumento o la curiosidad es conocida regionalmente.	2
			El monumento o la curiosidad es conocida localmente.	1
			El monumento o la curiosidad no es conocida.	0
		Museos	En excelentes condiciones y con gran cuidado de las piezas expuestas.	3
			En buenas condiciones, pero algunos daños en las piezas.	2
			En malas condiciones, las piezas están expuestas a daños o robos.	1
			En muy mal estado, degradación de las piezas.	0
		Pueblos	Más de 5 aspectos culturales importantes (traje, idioma, costumbres, tradiciones, entre otros).	3
			Entre 3 y 5 aspectos culturales significativos.	2
			Entre 1 y 2 aspectos culturales significativos.	1
			Ningún aspecto cultural significante.	0
	Artesanía y artes	Artesanías del área	Venta de artesanía local.	3
			Venta de artesanía regional.	2
			Venta de artesanía nacional.	1
			Venta de artesanía internacional.	0
		Arte del área	Venta de arte local.	3
			Venta de arte regional.	2
			Venta de arte nacional.	1
			Venta de arte internacional.	0
	Creencias populares	Ceremonias religiosas	Se realizan más de 5 veces al año.	3
			Se realizan entre 3 y 5 veces al año.	2
			Se realizan entre 1 y dos veces al año.	1
			Se realizan cada dos o más años.	0

Tipo de turismo	Atractivos tangibles e intangibles		Criterios del estado de conservación	Ponderación del estado de conservación
	Tipo	Subtipo		
Cultural	Creencias populares	Costumbres/creencias populares	No se obtuvieron datos.	
		Fiestas tradicionales	No se obtuvieron datos.	
		Gastronómicos del área	Los alimentos son propios del área de estudio.	3
			Los alimentos son propios de la región.	2
			Los alimentos son propios del país.	1
			Los alimentos son mundialmente conocidos.	0
		Manifestaciones culturales	No se obtuvieron datos.	
		Medicina tradicional	No se obtuvieron datos.	
		Mitos y leyendas	No se obtuvieron datos.	
		Tradiciones	No se obtuvieron datos.	
		Trajes típicos	Utilizado por hombre y mujeres.	3
			Utilizado por mujeres y niños.	2
			Utilizado solo en ceremonias.	1
			Nunca.	0
	Ferias y mercados	Ferias	No se obtuvieron datos.	
	Música y danzas	Danzas	No se obtuvieron datos.	
		Música	No se obtuvieron datos.	
	Sitios arqueológicos	Sitios arqueológicos	Enterrado bajo bosque.	3
			Enterrado con construcción es contemporáneas.	2
			Destruidos.	1
			No hay.	0
Natural	Cuerpos de agua	Cataratas	Agua cristalina y presente todo el año.	3
			Agua cristalina pero no tiene agua todo el año.	2
			Agua contaminada y presente todo el año.	1
			Agua contaminada pero no tiene agua todo el año.	0
		Lagunas/lagos	Natural con agua cristalina.	3
			Artificial con agua cristalina.	2
			Natural con agua contaminada.	1
			Artificial con agua contaminada.	0

Tipo de turismo	Atractivos tangibles e intangibles		Criterios del estado de conservación	Ponderación del estado de conservación
	Tipo	Subtipo		
Natural	Cuerpos de agua	Mares	No se obtuvieron datos.	
		Pozas	Natural con agua cristalina.	3
			Artificial con agua cristalina.	2
			Natural con agua contaminada.	1
			Artificial con agua contaminada.	0
		Ríos	Agua no contaminada.	3
			Agua poco contaminada.	2
			Agua muy contaminada.	1
			Aguas negras.	0
	Formaciones geológicas	Cuevas	No se obtuvieron datos.	
		Grutas	Existe un plan de conservación y de actividades especiales para realizarse dentro de ella.	3
			Se permiten únicamente las actividades dispuestas por los propietarios.	2
			Se tienen actividades establecidas, pero no hay personal que las controle.	1
			Se puede realizar cualquier actividad.	0
	Morfología	Montañas	Bosque nuboso.	3
			Bosque mixto.	2
			Monocultivo.	1
			Zona deforestada.	0
		Volcanes	No se obtuvieron datos.	
	Áreas protegidas	Parques nacionales	No se obtuvieron datos.	
		Reservas comunales	No se obtuvieron datos.	
		Reservas naturales	Bosque natural.	3
			Bosque natural y bosque secundario.	2
			Bosque secundario.	1
			Deforestado.	0

Tipo de turismo	Atractivos tangibles e intangibles		Criterios del estado de conservación	Ponderación del estado de conservación
	Tipo	Subtipo		
Aventura	Deportes	Ascenso de volcanes	No se obtuvieron datos.	
		Bicicleta de montaña	Sendero en buen estado.	3
			Sendero en regular estado.	2
			Sendero en mal estado.	1
			Inexistencia de sendero.	0
		Bicicleta de ruta	No se obtuvieron datos.	
		Cabalgatas	El impacto al ambiente es bajo.	3
			El impacto al ambiente es medio.	2
			El impacto al ambiente es alto.	1
			No se realiza.	0
		Escalada	No se obtuvieron datos.	
		Kayak	No se obtuvieron datos.	
		Motocross	No se obtuvieron datos.	
		Paracaidismo	No se obtuvieron datos.	
		Parapente	No se obtuvieron datos.	
		Pesca deportiva	No se obtuvieron datos.	
		Puenting	No se obtuvieron datos.	
		Rafting	No se obtuvieron datos.	
		Rappel	El impacto al ambiente es bajo.	3
			El impacto al ambiente es medio.	2
			El impacto al ambiente es alto.	1
			No se realiza.	0
		Tirolesa	El impacto al ambiente es bajo.	3
			El impacto al ambiente es medio.	2
			El impacto al ambiente es alto.	1
			No se realiza.	0
		Trekking	Sendero en buen estado.	3
			Sendero en regular estado.	2
			Sendero en mal estado.	1
			Inexistencia de sendero.	0

Tipo de turismo	Atractivos tangibles e intangibles		Criterios del estado de conservación	Ponderación del estado de conservación
	Tipo	Subtipo		
Aventura	Deportes	Cross country	Sendero en buen estado.	3
			Sendero en regular estado.	2
			Sendero en mal estado.	1
			Inexistencia de sendero.	0
		Tubbing	El impacto al ambiente es bajo.	3
			El impacto al ambiente es medio.	2
			El impacto al ambiente es alto.	1
			No se realiza.	0

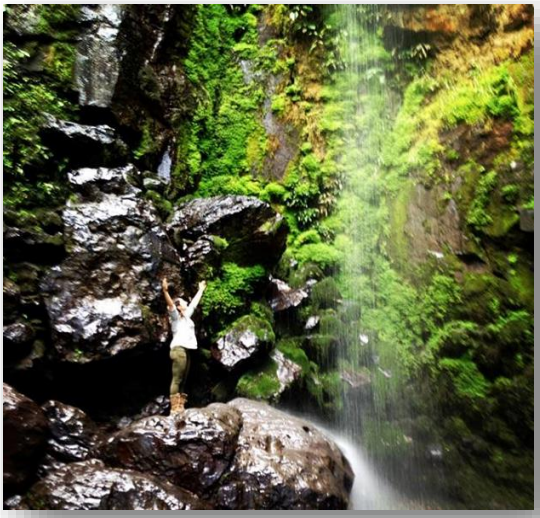
Fuente: (Nanne 2013).

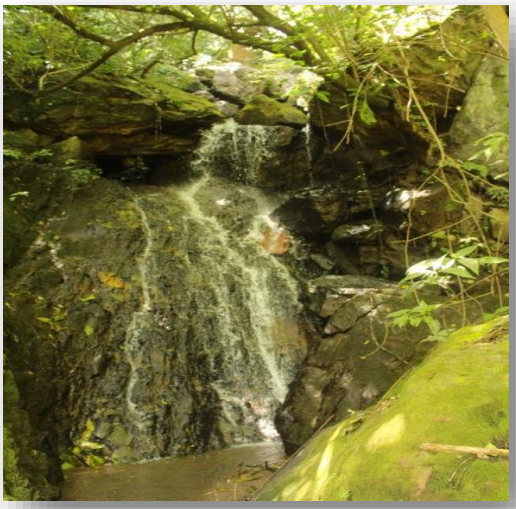
Fotografías finca el Rincón.





Fotografías catarata finca el Rincón.





B. Anexo: Uso del suelo.



BENEFICIOS DE LAS MEMBRESÍAS DE LA ASOCIACIÓN DE RESERVAS NATURALES PRIVADAS DE GUATEMALA.

SOCIO QUETZAL

Cuota por Reserva Privada declarada ante CONAP.

Inscripción: Q 600.00

Anualidad: Q1000.00

Reconocimiento legal de conservación de recursos naturales de la reserva privadamente CONAP.

Certificado de la RNP.

Descuento de admisión para visitar otras RNP`s.

Participación en diversos eventos de capacitación.

Asistencia técnica.

Participación en la red de propietarios.

Participación en proyectos regionales.

Información sobre donantes para eco-proyectos.

Divulgación de la RNP´s.

Promoción de artesanías y productos naturales de la RNP.

Acceso a incorporar información de la RNP en la Pág. Web de la Asociación.

Boletín informativo.

Información sobre algunos incentivos de conservación.

SOCIO PAVO DE CACHO

Cuota por reserva privada no declarada ante CONAP

Inscripción: Q 600.00

Anualidad: Q 800.00

Certificado de la RNP.

Descuento de admisión para visitar otras RNP`s.

Participación en diversos eventos de capacitación.

Asistencia técnica.

Participación en la red de propietarios.

Participación en proyectos regionales.

Información sobre donantes para eco-proyectos.

Divulgación de la RNP´s.

Promoción de artesanías y productos naturales de la RNP.

Acceso a incorporar información de la RNP en la pag. Web de la Asociación.

Boletín informativo.

Información sobre algunos incentivos de conservación.

SOCIO PUMA

Cuota por organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, comunitarias.

Inscripción: Q 250.00

Anualidad: Q 500.00

Convenio de trabajo interinstitucional

Capacitación sobre temas específicos.

Descuento de admisión para visitar RNP`s.

Asistencia técnica.

Boletín informativo.

Alianza institucional para la elaboración de proyectos.

Descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s.

Certificado de constancia de socio.

SOCIO TUCÁN

Cuota por establecimiento educativo.

Inscripción: Q 250.00

Anualidad: Q 500.00

Capacitación sobre temas específicos.

Descuento de admisión para visitar RNP`s.

Asistencia técnica.

Boletín informativo.

Paquetes especiales para apoyo a estudiantes en giras eco-educativas.

Alianza institucional para la elaboración de proyectos.

Descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s.

Certificado de constancia de socio.

SOCIO MANATÍ

Cuota por persona

Inscripción: Q 200.00

Anualidad: Q 300.00 (Profesionales)

Anualidad: Q 50.00 (Estudiantes)

Participación en la elaboración de propuestas de proyectos para ejecutarlos bajo la sombrilla de ARNPG, previa revisión y autorización de Dirección Ejecutiva.

Descuento de admisión para visitar RNP`s.

Elaboración de estudios de ejercicio profesional supervisado-EPS-, tesis, maestría y doctorado en las RNP`s, con apoyo logístico de los propietarios.

Formación de grupo de consultores para optar a consultorías en proyectos ejecutados por la Asociación.

Boletín informativo.

Descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s.

SOCIO BAULE

Cuota Extranjera

Anualidad: US $ 30.00 (Personal)

Anualidad: US $ 1000.00 (Empresas Privadas)

Participación en la elaboración de propuestas de proyectos para ejecutarlos bajo la sombrilla de ARNPG, previa revisión y autorización de Dirección Ejecutiva.

Boletín informativo.

Alianza institucional para la elaboración de proyectos.

Descuento de admisión para visitar RNP`s.

Descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s.

Certificado de constancia de socio.

SOCIO JAGUAR

Cuota Empresarial

Anualidad: Q. 5000.00 en adelante

Descuento de admisión para visitar RNP`s.

Participación en eventos.

Boletín informativo.

Capacitación sobre temas específicos

Alianza institucional para la elaboración de proyectos.

Participación en la red de propietarios.

Descuento en la compra de artesanías y productos naturales de las RNP`s.

Certificado de constancia de socio

DEL FOMENTO DE LA FORESTACIÓN, REFORESTACIÓN, DESARROLLO RURAL E INDUSTRIAS FORESTALES

CAPITULO I

INCENTIVOS FORESTALES

ARTICULO 71.- Incentivos.

El Estado otorgará incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques, INAB, en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas conforme esta ley; a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales; y a las agrupaciones sociales con personería jurídica, que virtud a arreglo legal, ocupan terreno de propiedad de los municipios.

Estos incentivos no se aplicarán a la reforestación derivada de los compromisos contraídos según los casos indicados en esta ley. Las plantaciones derivadas de programas de incentivos forestales se conceptúan como bosques plantados voluntarios.

ARTICULO 72.- Monto total anual de incentivos forestales.

El Estado destinará anualmente una partida en el Presupuesto de Ingresos y Egresos de la Nación, al INAB para otorgar incentivos forestales, equivalentes al 1% del Presupuesto de Ingresos Ordinarios del Estado, a través del Ministerio de Finanzas Públicas.

ARTICULO 73.- Duración del programa de incentivos.

El Estado, en un período de 20 años contados a partir de la vigencia de la presente ley, dará incentivos al establecimiento de plantaciones, su mantenimiento y el manejo de bosques naturales, este incentivo se otorgará a los propietarios de tierras con vocación forestal, una sola vez, de acuerdo al plan de manejo y/o reforestación aprobado por el INAB.

ARTICULO 74.- Presentación de planes de reforestación o manejo.

Para ser beneficiario de los incentivos establecidos en esta ley, se deberá presentar al INAB el Plan de Reforestación o Plan de Manejo, previa calificación de tierras de vocación forestal. El INAB deberá pronunciarse en un plazo de treinta días.

ARTÍCULO 75.- El pago de los incentivos.

Los incentivos serán pagados al propietario por el Ministerio de Finanzas Públicas contra presentación del certificado emitido por el INAB que indique que la plantación se encuentra establecida y basado en el cumplimiento del Plan de Reforestación o Plan de Manejo. El certificado del INAB, deberá ser entregado al beneficiario en un plazo de treinta días a partir de su solicitud.

ARTICULO 76.- Área mínima para la obtención de incentivos.

El área mínima consignada en una solicitud para obtener el incentivo forestal será de dos hectáreas, en el mismo municipio, pertenecientes a uno o varios propietarios.

ARTÍCULO 77.- Administración de los incentivos.

Por concepto de supervisión y administración, el Ministerio de Finanzas Públicas, asignará y trasladará al INAB, un nueve por ciento (9%) del monto total de los incentivos otorgados, mismo que se hará efectivo en forma simultánea al momento de otorgar el incentivo al beneficiario. Estos recursos pasarán a formar parte del Fondo Forestal Privativo.

ARTICULO 78.- Costos de reforestación, establecimiento, mantenimiento de bosques voluntarios y de manejo de bosques naturales.

El costo fijo por hectárea, por región y especies, para la ejecución de los proyectos de reforestación, tanto en lo relativo al establecimiento de la plantación y su mantenimiento, y, del manejo de bosques naturales, será determinado por la Junta Directiva del INAB, con base al costo real por avalúo.

ARTICULO 79.- Tiempo de los incentivos por mantenimiento de reforestación.

El proyecto de reforestación beneficiario de incentivos fiscales, gozará de incentivos, para su mantenimiento hasta por un máximo de cinco años (5), período que deberá autorizarse en la aprobación del Plan de Manejo respectivo.

ARTÍCULO 80.- Especies y regiones a reforestar por incentivos.

La junta Directiva del INAB determinará las especies de árboles forestales y las regiones donde se establecerá la reforestación por los incentivos forestales, tomando en consideración tanto las especies y regiones de alta productividad forestal; además, en este contexto fijará las prioridades necesarias que tiendan a atenuar o contribuir a resolver la crisis ambiental, energética o productiva.

ARTICULO 81.- Distribución de incentivos por actividad forestal.

El INAB destinará anualmente el 80% del monto total de incentivos para la reforestación y mantenimiento de bosques voluntarios y el 20% al manejo de bosques naturales.

ARTICULO 82.- Programa de garantía crediticia a la actividad forestal.

El INAB establecerá un programa de garantía crediticia para la actividad forestal, mediante el cual se respaldarán los créditos que otorgue el sistema bancario para el fomento del sector forestal a los pequeños propietarios referidos en el artículo 83 de la presente ley, usando recursos del Fondo Forestal Privativo u otras fuentes; el reglamento debe regular los procedimientos del programa de garantía crediticia a la actividad forestal del pequeño propietario.

C. Anexo: Recursos hídricos.

Nacimiento del río evaluado.







Uso doméstico del río.



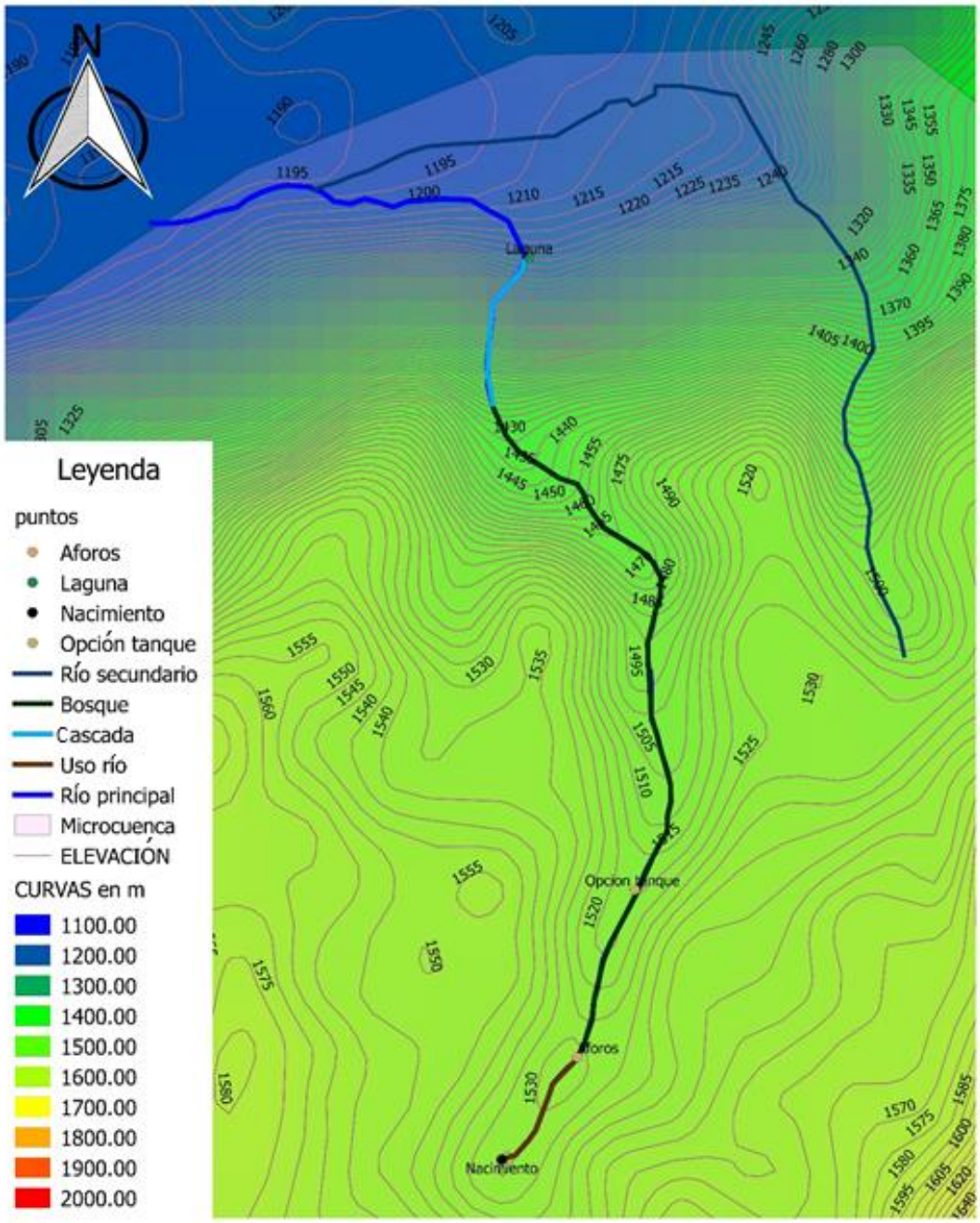
Uso del agua para lavar el café.



Cáscara del café.



Trayectoria y uso del río.



Cuenca boscosa.



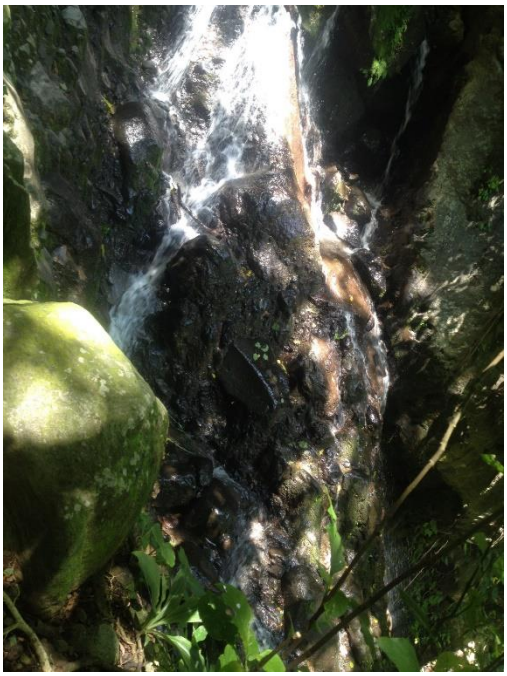
Parte alta de la cascada.



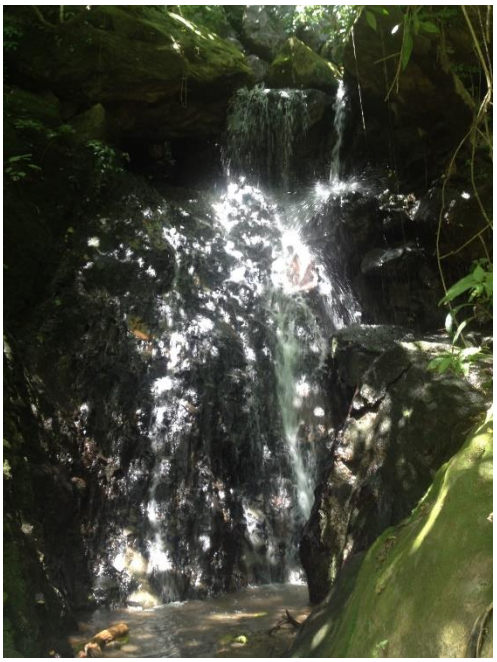
Primera caída de la cascada.



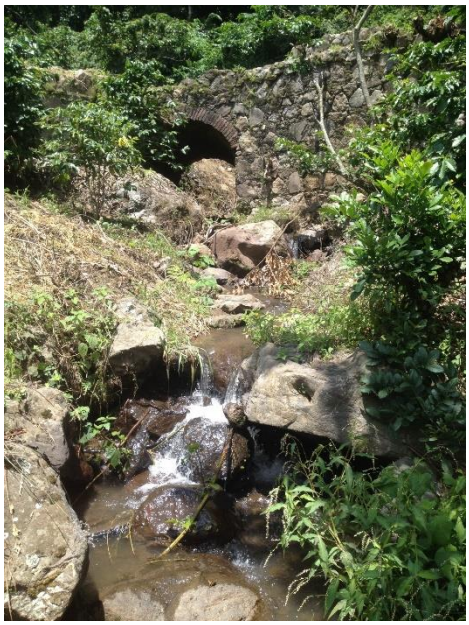
Segunda caída de la cascada.



Tercera caída de cascada.



Parte baja de la cascada.

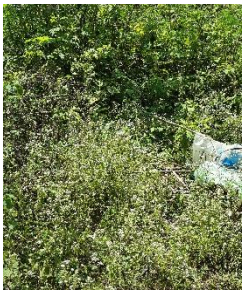


Acceso a la propuesta del tanque.



Inventario de pozos existentes.

INVENTARIO DE POZOS EXISTENTES		
Características del Pozo		***Imagen***
POZO 1		
Tipo de pozo:	Mecánico	
Localización:	Finca Santa Elena del Lago	
Profundidad (ft):	820	
Nivel Estático (ft):	651	
Coordenadas		
Latitud:	14.433491	
Longitud:	-90.518378	
Altitud (m):	1,542	
POZO 2		
Tipo de pozo:	Mecánico	
Localización:	Finca Santa Elena del Lago	
Profundidad (ft):	1,200	
Nivel Estático (ft):	800	
Coordenadas		
Latitud:	14.433081	
Longitud:	-90.517697	
Altitud (m):	1,540	
POZO 3		
Tipo de pozo:	Artesanal	
Localización:	Finca Estanzuela	
Profundidad (ft):	129.00	
Altura de agua (ft):	**Pozo seco**	
Coordenadas		
Latitud:	14.418830	
Longitud:	-90.527644	
Altitud (m):	1,585	
POZO 4		
Tipo de pozo:	Artesanal	
Localización:	Finca Estanzuela	
Profundidad (ft):	150.00	
Altura de agua (ft):	13.12	
Volumen de agua (m^3):	6.41474	
Coordenadas		
Latitud:	14.418797	
Longitud:	-90.527113	
Altitud (m):	1,592	

POZO 5		
Tipo de pozo:	Artesanal	
Localización:	Finca Las Delicias	
Profundidad (ft):	90.00	
Altura de agua (ft):	**Pozo seco**	
Coordenadas		
Latitud:	14.423952	
Longitud:	-90.525461	
Altitud (m):	1,568	
POZO 6		
Tipo de pozo:	Artesanal	
Localización:	Finca Las Delicias	
Profundidad (ft):	222.00	
Altura de agua (ft):	9.00	
Diámetro (ft):	3.00	
Coordenadas		
Latitud:	14.424698	
Longitud:	-90.522255	
Altitud (m):	1,552	
POZO 7		
Tipo de pozo:	Mecánico	
Localización:	Finca Nueva Esperanza	
Profundidad (ft):	830	
Nivel Estático (ft):	700	
Coordenadas		
Latitud:	14.437953	
Longitud:	-90.513046	
Altitud (m):	1,537	
POZO 8		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Finca Santa Elena del Lago	
Profundidad (ft):	1,320	
Nivel Estático (ft):	**Pozo seco**	
Coordenadas		
Latitud:	14.422804	
Longitud:	-90.525189	
Altitud (m):	1,550	

POZO 9		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Finca La Loma	
Profundidad (ft):	970	
Nivel Estático (ft):	491	
Coordenadas		
Latitud:	14.428204	
Longitud:	-90.525297	
Altitud (m):	1,530	
POZO 10		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Finca Portero Largo	
Profundidad (ft):	820	
Nivel Estático (ft):	651	
Coordenadas		
Latitud:	14.427124	
Longitud:	-90.519898	
Altitud (m):	1,550	
POZO 11		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Finca el Recreo	
Profundidad (ft):	830	
Nivel Estático (ft):	**Pozo seco**	
Coordenadas		
Latitud:	14.436952	
Longitud:	-90.51709	
Altitud (m):	1,565	
POZO 12		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Santa Elena Barillas	
Profundidad (ft):	980	
Nivel Estático (ft):	726	
Coordenadas		
Latitud:	14.413624	
Longitud:	-90.536421	
Altitud (m):	1,625	

POZO 13		
Tipo de pozo:	Mecánico	**FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE**
Localización:	Km. 25 Carretera al Pacífico	
Profundidad (ft):	760	
Nivel Estático (ft):	507	
Coordenadas		
Latitud:	14.448939	
Longitud:	-90.523461	
Altitud (m):	1,200	
POZO 14		
Tipo de pozo:	Artesanal	
Localización:	Finca Las Delicias	
Profundidad (ft):	222.00	
Altura de agua (ft):	**Pozo seco**	
Coordenadas		
Latitud:	14.424588	
Longitud:	-90.522416	
Altitud (m):	1,555	

Ponderación de parámetros.

			Precipitación		Topografía		Uso del Suelo		Tipo de Suelo		Geología		Cobertura Vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	Coor. X	Coor. Y	Precipitación anual (mm)	Pond.	%	Pond.	Uso	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo de Vegetación	Pond.		
1	-90.518378	14.433491	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	4.16	Muy Alta
2	-90.517697	14.433081	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	4.16	Muy Alta
3	-90.527644	14.41883	2,000	3	5	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy Alta
4	-90.527113	14.418797	2,000	3	5	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy Alta
5	-90.525461	14.423952	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
6	-90.522255	14.424698	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
7	-90.519046	14.427953	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
8	-90.525189	14.422804	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
9	-90.525297	14.428204	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
10	-90.519898	14.427124	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
11	-90.517709	14.426952	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.88	Alta
12	-90.536421	14.413624	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Arboles dispersos	3	2.84	Baja
13	-90.523461	14.448939	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
14	-90.522416	14.424588	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
15	-90.52653	14.43882	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
16	-90.513773	14.42173	2,000	3	10	4	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.99	Alta
17	-90.53158	14.43366	2,000	3	35	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.04	Moderada
18	-90.5099	14.44899	1,800	3	20	2	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.22	Moderada
19	-90.518	14.4597	1,800	3	20	2	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Tierra	1	2.82	Baja
20	-90.53106	14.44219	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
21	-90.53393	14.4577	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
22	-90.53733	14.44995	1,800	3	5	5	Bosque	5	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque disperso	4	4.28	Muy Alta
23	-90.549	14.457	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
24	-90.55527	14.45021	1,800	3	0	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Arboles dispersos	3	3.55	Alta
25	-90.5605	14.45561	1,800	3	5	5	Construcción	1	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque	5	3.54	Alta

			Precipitación		Topografía		Uso del Suelo		Tipo de Suelo		Geología		Cobertura Vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	Coor. X	Coor. Y	Precipitación anual (mm)	Pond.	%	Pond.	Uso	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo de Vegetación	Pond.		
26	-90.54177	14.41687	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
27	-90.53393	14.41853	2,000	3	30	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
28	-90.53289	14.4251	2,000	3	45	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosques	5	2.94	Baja
29	-90.52636	14.43325	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
30	-90.52618	14.41112	2,000	3	25	1	Plantación de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.15	Moderada
31	-90.52148	14.41844	2,000	3	15	3	Plantación de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	3.61	Alta
32	-90.53376	14.43804	2,000	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Matorral	3	3.02	Moderada
33	-90.52052	14.44474	1,800	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.22	Moderada
34	-90.51094	14.45763	1,800	3	10	4	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.78	Alta
35	-90.52575	14.45789	1,800	3	35	1	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Tierra	1	2.44	Baja
36	-90.5308	14.45145	1,800	3	0	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
37	-90.54656	14.44945	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Arboles dispersos	3	3.55	Alta
38	-90.54203	14.45493	1,800	3	0	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
39	-90.55405	14.45563	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
40	-90.52923	14.42628	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
41	-90.53851	14.41813	2,000	3	30	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
42	-90.53755	14.41604	2,000	3	45	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
43	-90.54173	14.41326	2,000	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.22	Moderada
44	-90.53398	14.4217	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
45	-90.53006	14.41421	2,000	3	20	2	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	3.33	Moderada
46	-90.52536	14.41552	2,000	3	10	4	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	3.89	Alta
47	-90.53136	14.42136	2,000	3	35	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.04	Moderada
48	-90.51969	14.42214	2,000	3	5	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	4.17	Muy Alta
49	-90.51665	14.42536	2,000	3	20	2	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	3.33	Moderada
50	-90.53389	14.42841	2,000	3	30	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja

			Precipitación		Topografía		Uso del Suelo		Tipo de Suelo		Geología		Cobertura Vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	Coor. X	Coor. Y	Precipitación anual (mm)	Pond.	%	Pond.	Uso	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo	Pond.	Tipo de Vegetación	Pond.		
51	-90.53119	14.4285	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
52	-90.53136	14.43634	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
53	-90.53406	14.4319	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
54	-90.51429	14.4285	2,000	3	25	1	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	3.05	Moderada
55	-90.52083	14.44069	2,000	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.32	Moderada
56	-90.52614	14.44513	1,800	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Aluvión y Coluvión	4	Bosque	5	3.78	Alta
57	-90.51334	14.44426	1,800	3	15	3	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.50	Moderada
58	-90.51839	14.45297	1,800	3	10	4	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque disperso	4	3.58	Alta
59	-90.50863	14.44165	2,000	3	5	5	Bosque y Construcción	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
60	-90.53624	14.45707	1,800	3	5	5	Vivienda Popular	1	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Tierra	1	3.14	Moderada
61	-90.5365	14.41953	2,000	3	30	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
62	-90.53546	14.41726	2,000	3	45	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
63	-90.53119	14.43851	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Matorral	3	2.74	Baja
64	-90.53145	14.43129	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
65	-90.53145	14.41125	2,000	3	15	3	Construcción	1	Andisol	5	Andesitas	4	Arboles dispersos	3	2.88	Baja
66	-90.51734	14.44766	1,800	3	20	2	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Granito de Biotita	3	Bosque disperso	4	2.92	Baja
67	-90.51307	14.45158	1,800	3	15	3	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Bosque	5	3.40	Moderada
68	-90.54495	14.45149	1,800	3	5	5	Bosque	5	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque disperso	4	4.28	Muy Alta
69	-90.54086	14.45236	1,800	3	5	5	Bosque	5	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque disperso	4	4.28	Muy Alta
70	-90.55749	14.45428	1,800	3	5	5	Construcción	1	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Arboles dispersos	4	3.44	Moderada
71	-90.52653	14.44186	2,000	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
72	-90.52784	14.44804	1,800	3	5	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
73	-90.52279	14.43254	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
74	-90.52226	14.43593	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
75	-90.51904	14.4294	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta

			Precipitación		Topografía		Uso del Suelo		Tipo de Suelo		Geología		Cobertura Vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	*Coor. X*	*Coor. Y*	*Precipitación anual (mm)*	*Pond.*	*%*	*Pond.*	*Uso*	*Pond.*	*Tipo*	*Pond.*	*Tipo*	*Pond.*	*Tipo de Vegetación*	*Pond.*		
76	-90.51338	14.43315	2,000	3	20	2	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Tierra	1	3.03	Moderada
77	-90.52366	14.42087	2,000	3	0	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy Alta
78	-90.52845	14.42278	2,000	3	0	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
79	-90.55057	14.45144	1,800	3	0	5	Bosque	5	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Bosque	5	4.38	Muy Alta
80	-90.52688	14.45283	1,800	3	0	5	Plantaciones de Caña y Café	2	Mollisol	4	Aluvión y Coluvión	4	Plantaciones	2	3.45	Moderada
81	-90.53123	14.41677	2,000	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.22	Moderada
82	-90.52766	14.42897	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
83	-90.52488	14.43075	2,000	3	0	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
84	-90.52866	14.43284	2,000	3	0	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
85	-90.5247	14.43502	2,000	3	0	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
86	-90.52222	14.4284	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
87	-90.51908	14.42448	2,000	3	5	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	4.17	Muy Alta
88	-90.52213	14.4284	2,000	3	5	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
89	-90.52762	14.43511	2,000	3	10	4	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	3.78	Alta
90	-90.52309	14.43798	2,000	3	15	3	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.60	Alta
91	-90.52326	14.44234	2,000	3	35	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
92	-90.51665	14.44129	2,000	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.32	Moderada
93	-90.51656	14.44443	1,800	3	20	2	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.22	Moderada
94	-90.5244	14.44408	1,800	3	35	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
95	-90.52109	14.4426	1,800	3	40	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
96	-90.5163	14.44234	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
97	-90.51403	14.45566	1,800	3	25	1	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Bosque	5	2.84	Baja
98	-90.51081	14.45296	1,800	3	25	1	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Bosque	5	2.84	Baja
99	-90.52213	14.45636	1,800	3	25	1	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Tierra	1	2.44	Baja
100	-90.51717	14.44164	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.04	Moderada

			Precipitación		Topografía		Uso del Suelo		Tipo de Suelo		Geología		Cobertura Vegetal		Posibilidad de recarga	
No.	*Coor. X*	*Coor. Y*	*Precipitación anual (mm)*	*Pond.*	*%*	*Pond.*	*Uso*	*Pond.*	*Tipo*	*Pond.*	*Tipo*	*Pond.*	*Tipo de Vegetación*	*Pond.*		
101	-90.52897	14.44194	1,800	3	35	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
102	-90.52984	14.44029	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
103	-90.52366	14.43933	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.04	Moderada
104	-90.51913	14.44273	1,800	3	30	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	3.04	Moderada
105	-90.51016	14.43837	2,000	3	0	5	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.27	Muy Alta
106	-90.51129	14.44099	2,000	3	0	5	Uso Mixto	3	Andisol	5	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque disperso	4	4.06	Muy Alta
107	-90.51381	14.44612	1,800	3	0	5	Uso Mixto	3	Mollisol	4	Andesitas	4	Bosque	5	3.96	Alta
108	-90.51486	14.45806	1,800	3	25	1	Bosque y Construcción	3	Mollisol	4	Pómez de Dacita y Riodacita	5	Bosque	5	2.94	Baja
109	-90.52035	14.41582	2,000	3	35	1	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Matorral	3	2.95	Baja
110	-90.52322	14.4132	2,000	3	30	1	Plantaciones de Arboles	4	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	3.15	Moderada
111	-90.51712	14.41947	2,000	3	25	1	Plantaciones de Arboles	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	2.84	Baja
112	-90.51495	14.42365	2,000	3	30	1	Plantaciones de Arboles	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
113	-90.51669	14.42087	2,000	3	25	1	Plantaciones de Arboles	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque disperso	4	2.84	Baja
114	-90.52226	14.44369	2,000	3	25	1	Uso Mixto	3	Andisol	5	Andesitas	4	Bosque	5	2.94	Baja
115	-90.51512	14.45013	1,800	3	25	1	Bosque y Construcción	3	Andisol	5	Granito de Biotita	3	Bosque disperso	4	2.74	Baja

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

11 calle 15-79, Zona 15 V.H.III
Apartado Postal No. 82,01901
Guatemala, Guatemala, C.A.

PBX 2369 0791 al 95
Tels: 2364 0336 al 40
2364 0492 al 97
FAX (502) 2364 0212
www.uvg.edu.gt

Guatemala, 1 de octubre del 2014

MBA Roberto Godo Levensen
Director
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad del Valle de Guatemala
Presente

Estimado Lic. Roberto Godo:

Atentamente informo que se ha realizado el análisis microbiológico del agua solicitado el 13 de agosto, para seis muestras de agua asociadas al megaproyecto: "Propuesta de plan de ordenamiento territorial del proyecto Condado Santa Elena", dentro del subtema: "Recursos hídricos superficiales y análisis de la calidad del agua para el proyecto Condado Santa Elena"

A continuación se presentan los resultados de los análisis solicitados :

	RECUENTO DE BACTERIAS AEROBIAS MESOFILAS	RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES	RECUENTO DE ESCHERICHIA COLI
P1	2.7×10^3 UFC/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
P2	4.2×10^3 UFC/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
P3	2.7×10^6 UFC/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml	90.6 NMP/100 ml
N1	5.1×10^6 UFC/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml	135.5 NMP/100 ml
N2	1.8×10^7 UFC/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml
N3	6.4×10^4 UFC/100 ml	> 2419.2NMP/100 ml	1299.7 NMP/100 ml

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

11 calle 15-75, Zona 15 V.H.III
Apartado Postal No. 82,01901
Guatemala, Guatemala, C.A.

PBX 2369 0791 al 95
Tels: 2364 0336 al 40
2364 0492 al 97
FAX (502) 2364 0212
www.uvg.edu.gt

De acuerdo a la Norma COGUANOR NTG- 29001:2010, las muestras no son aptas para consumo humano debido a que los coliformes totales y Escherichia coli no deben ser detectables en 100 ml de muestra

Si tuviera alguna duda, sugerencia o comentario, por favor no dude en contactarme.

Atentamente,

Vo. Bo.
Lic. Víctor Jiménez
Químico Biólogo
Colegiado No. 1789
Profesor
Departamento de Bioquímica y Microbiología

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
BIOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA

M.Sc. Lucia Nitsch
Directora
Departamento de Bioquímica y Microbiología
PBX (502) 23640336 al 40, Ext. 385, 301
lnitsch@uvg.edu.gt

Soluciones Analíticas
Agricultura • Industria • Ambiente

14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

Cliente	: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276)	Número de orden	: 88165
Persona Responsable	: WALTER VILLATORO	Código de muestra	: 14.09.24.06.05
Asesor	: MILTON DEL CID	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)	Fecha del informe	: 29/09/2014
Finca	: LAS DELICIAS (23482)	Localización	: Villa Canales,GUATEMALA

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: NO INDICA	Temperatura de Ingreso	: NO INDICA
Ubicación	: NO INDICA	Temperatura almacenaje	: REFRIGERADA
Referencia cliente	: P-2	Apariencia	: CLARA
Fecha de muestreo	:	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Hora de muestreo	:	Hora de ingreso	: 11:22:02
Tipo de muestra	: NO INDICA	Hora inicio análisis	: 6:00 A. M.
Recipiente	: PLASTICO	Responsable de muestreo	: NO INDICA

Párametros	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
pH		7.2	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	0.25	0.75	< 1.5
DUREZA	mg/l $CaCO_3$	103.5	100.0	500.0
TURBIEDAD	NTU	< 5.00	5.0	15.0
OLOR		NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	--
COLOR	UPtCo	< 1.00	5.00	35.0

Elemento	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
Nitrato	mg/l NO_3	14.10	---	50.00
Nitritos	mg/l NO2	< 0.01	---	3.00
Calcio	mg/l Ca	30.85	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	6.42	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO_4	5.00	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---	0.30
Cobre	mg/l Cu	< 0.02	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	< 0.06	0.30	---
Manganeso	mg/l Mn	< 0.01	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	0.03	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	< 2.50	100.00	250.00

Revisado: _____
Miguel Angel Mendoza B.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO No. 2001
Gerente de Laboratorios

*Con base en la Norma COGUANOR NTG29001 Agua para consumo humano (agua potable).

- Límite Máximo Aceptable(LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del Consumidor.
- Limite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

--- = No se tienen Límites
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez

Metodología con base en:

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWF. 20th.ed. 1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original

Soluciones Analíticas
Agricultura • Industria • Ambiente

14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

Cliente	: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276)	Número de orden	: 88164
Persona Responsable	: WALTER VILLATORO	Código de muestra	: 14.09.24.06.02
Asesor	: MILTON DEL CID	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)	Fecha del informe	: 29/09/2014
Finca	: SANTA ELENA DEL LAGO (23481)	Localización	: Amatitlan,GUATEMALA

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: NO INDICA	Temperatura de Ingreso	: NO INDICA
Ubicación	: NO INDICA	Temperatura almacenaje	: REFRIGERADA
Referencia cliente	: P-1	Apariencia	: CLARA
Fecha de muestreo	:	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Hora de muestreo	:	Hora de ingreso	: 11:20:19
Tipo de muestra	: NO INDICA	Hora inicio análisis	: 6:00 A. M.
Recipiente	: PLASTICO	Responsable de muestreo	: NO INDICA

Párametros	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
pH		7.0	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	0.24	0.75	< 1.5
DUREZA	mg/l $CaCO_3$	96.6	100.0	500.0
TURBIEDAD	NTU	< 5.00	5.0	15.0
OLOR		NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	--
COLOR	UPtCo	< 1.00	5.00	35.0

Elemento	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
Nitrato	mg/l NO_3	10.40	---	50.00
Nitritos	mg/l NO2	< 0.01	---	3.00
Calcio	mg/l Ca	21.98	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	10.13	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO_4	< 0.90	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---	0.30
Cobre	mg/l Cu	0.07	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	< 0.06	0.30	---
Manganeso	mg/l Mn	< 0.01	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	0.58	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	< 2.50	100.00	250.00

Revisado: _____
Miguel Angel Mendoza B.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO No. 2001
Gerente de Laboratorios

*Con base en la Norma COGUANOR NTG29001 Agua para consumo humano (agua potable).
- Límite Máximo Aceptable(LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del Consumidor.
- Limite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

--- = No se tienen Límites
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez

Metodología con base en:
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWF. 20th.ed. 1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original

Soluciones Analíticas
Agricultura • Industria • Ambiente

14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

Cliente	: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276)	Número de orden	: 88165
Persona Responsable	: WALTER VILLATORO	Código de muestra	: 14.09.24.06.03
Asesor	: MILTON DEL CID	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)	Fecha del informe	: 29/09/2014
Finca	: LAS DELICIAS (23482)	Localización	: Villa Canales,GUATEMALA

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: NO INDICA	Temperatura de Ingreso	: NO INDICA
Ubicación	: NO INDICA	Temperatura almacenaje	: REFRIGERADA
Referencia cliente	: N-1	Apariencia	: CLARA
Fecha de muestreo	:	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Hora de muestreo	:	Hora de ingreso	: 11:22:02
Tipo de muestra	: NO INDICA	Hora inicio análisis	: 6:00 A. M.
Recipiente	: PLASTICO	Responsable de muestreo	: NO INDICA

Párametros	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
pH		6.6	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	0.26	0.75	< 1.5
DUREZA	mg/l $CaCO_3$	107.0	100.0	500.0
TURBIEDAD	NTU	< 5.00	5.0	15.0
OLOR		NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	--
COLOR	UPtCo	< 1.00	5.00	35.0

Elemento	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
Nitrato	mg/l NO_3	16.30	---	50.00
Nitritos	mg/l NO2	< 0.01	---	3.00
Calcio	mg/l Ca	27.68	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	9.21	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO_4	9.00	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---	0.30
Cobre	mg/l Cu	< 0.02	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	< 0.06	0.30	---
Manganeso	mg/l Mn	< 0.01	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	< 0.02	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	< 2.50	100.00	250.00

Miguel Angel Mendoza B.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO No. 2001

Revisado: _____
Gerente de Laboratorios

*Con base en la Norma COGUANOR NTG29001 Agua para consumo humano (agua potable).
- Límite Máximo Aceptable(LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del Consumidor.
- Limite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

--- = No se tienen Límites
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez

Metodología con base en:
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWF. 20th.ed. 1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original

Soluciones Analíticas
Agricultura • Industria • Ambiente

14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

Cliente	: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276)	Número de orden	: 88165
Persona Responsable	: WALTER VILLATORO	Código de muestra	: 14.09.24.06.04
Asesor	: MILTON DEL CID	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)	Fecha del informe	: 29/09/2014
Finca	: LAS DELICIAS (23482)	Localización	: Villa Canales,GUATEMALA

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: NO INDICA	Temperatura de Ingreso	: NO INDICA
Ubicación	: NO INDICA	Temperatura almacenaje	: REFRIGERADA
Referencia cliente	: N-2	Apariencia	: CLARA
Fecha de muestreo	:	Fecha de ingreso	: 24/09/2014
Hora de muestreo	:	Hora de ingreso	: 11:22:02
Tipo de muestra	: NO INDICA	Hora inicio análisis	: 6:00 A. M.
Recipiente	: PLASTICO	Responsable de muestreo	: NO INDICA

Párametros	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
pH		7.6	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	0.29	0.75	< 1.5
DUREZA	mg/l $CaCO_3$	116.6	100.0	500.0
TURBIEDAD	NTU	5.00	5.0	15.0
OLOR		NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	--
COLOR	UPtCo	12.00	5.0	35.0

Elemento	Dimensional	Valor	LMA*	LMP*
Nitrato	mg/l NO_3	14.10	---	50.00
Nitritos	mg/l NO2	0.01	---	3.00
Calcio	mg/l Ca	30.19	75.00	150.00
Magnesio	mg/l Mg	10.02	50.00	100.00
Sulfato	mg/l SO_4	10.00	100.00	250.00
Boro	mg/l B	< 0.09	---	0.30
Cobre	mg/l Cu	< 0.02	0.05	1.50
Hierro	mg/l Fe	0.07	0.30	---
Manganeso	mg/l Mn	0.03	0.10	0.40
Zinc	mg/l Zn	< 0.02	3.00	70.00
Cloruro	mg/l Cl	3.50	100.00	250.00

Miguel Angel Mendoza B.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO No. 2001

Revisado: _____
Gerente de Laboratorios

*Con base en la Norma COGUANOR NTG29001 Agua para consumo humano (agua potable).
- Límite Máximo Aceptable(LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del Consumidor.
- Limite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

--- = No se tienen Límites
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez
Metodología con base en:
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWF. 20th.ed. 1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original

D. Anexo: Propuestas verdes y carreteras.

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

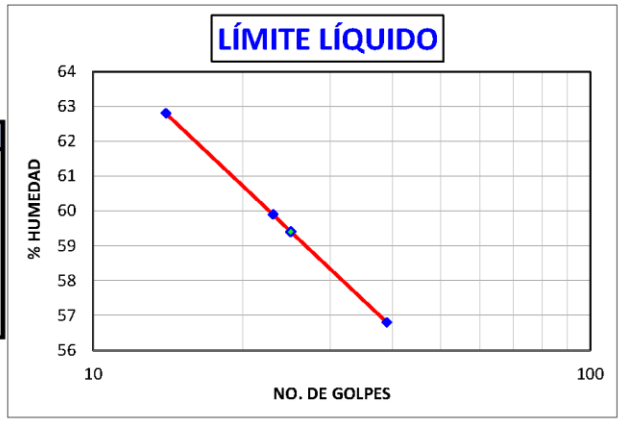
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café

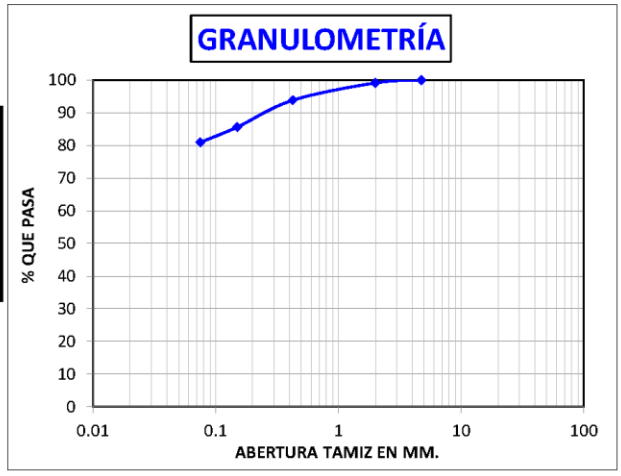
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (19)

MUESTRA # 1

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**59.4 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**40.6 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**18.8**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
No. 4	100.0
No. 10	99.1
No. 40	93.8
No. 100	85.6
No. 200	80.9



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (19)

MUESTRA # 1

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

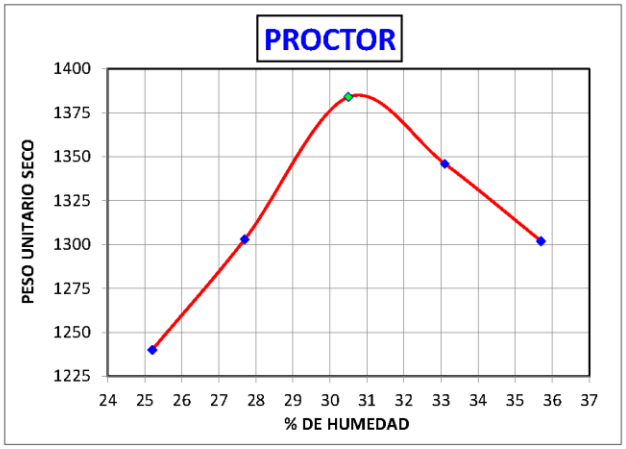
DENSIDAD MÁXIMA

86.4 lbs/p^3

1384 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

30.5 %



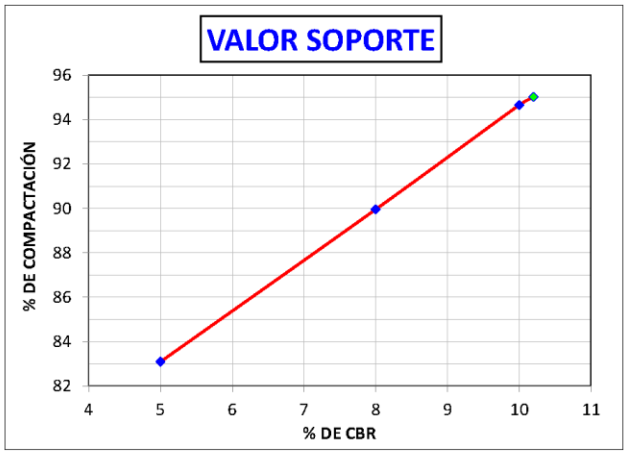
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

10.2

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

2.7



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

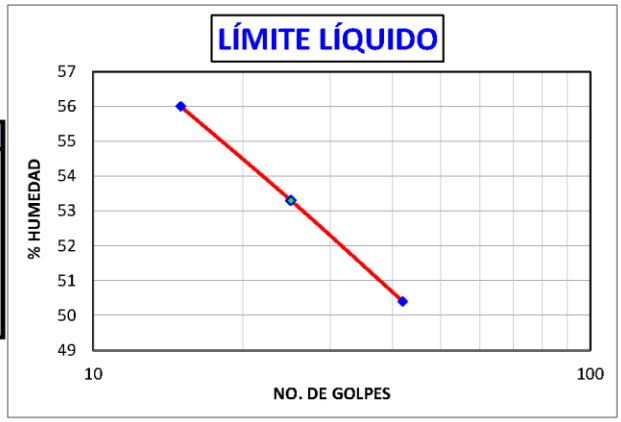
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

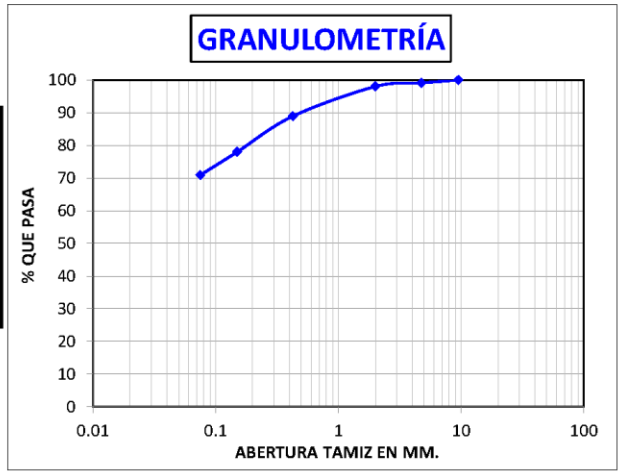
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (14)

MUESTRA # 2

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**53.3 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**36.1 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**17.2**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	99.1
No. 10	98.0
No. 40	88.9
No. 100	78.0
No. 200	70.9



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 2

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

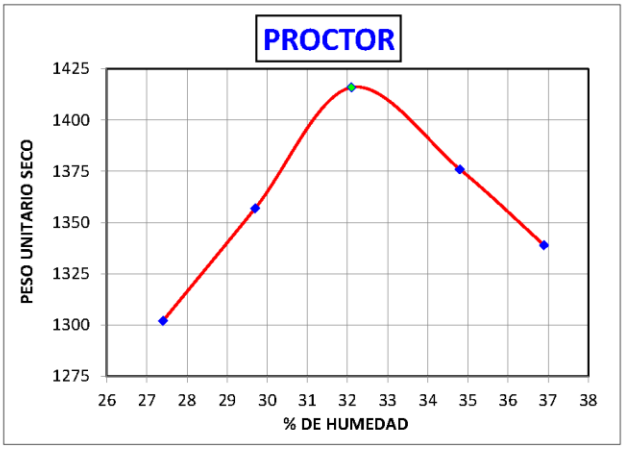
DENSIDAD MÁXIMA

88.4 lbs/p^3

1416 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

32.1 %



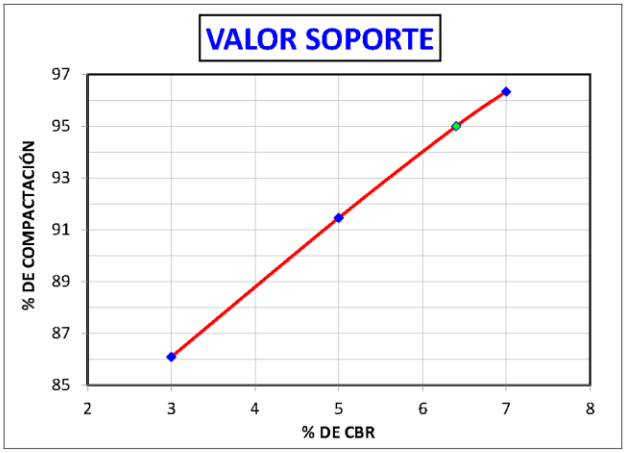
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

6.4

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

2.8



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

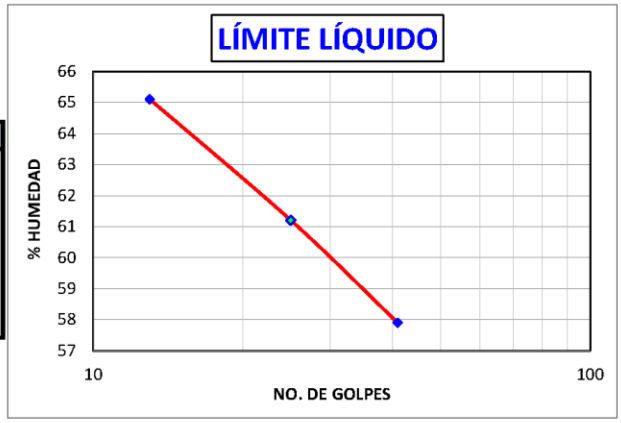
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

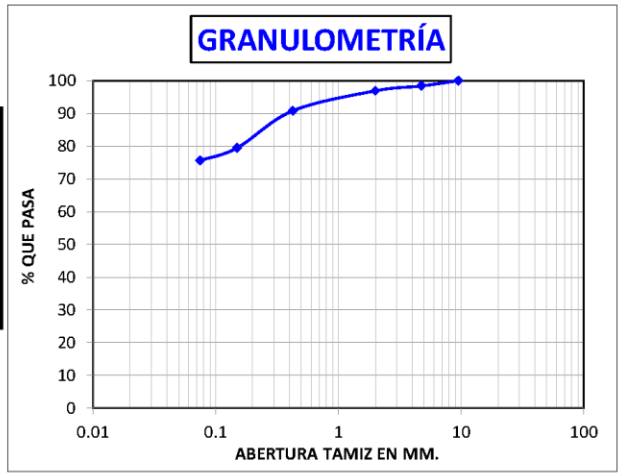
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 3

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**61.2 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**45.1 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**16.1**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	98.4
No. 10	96.9
No. 40	90.8
No. 100	79.5
No. 200	75.6



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 3

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

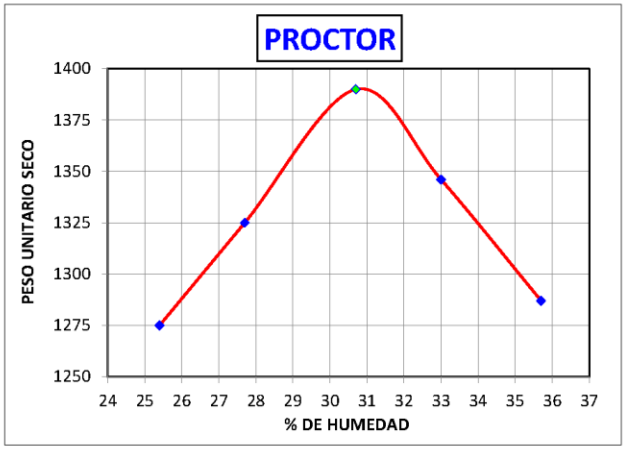
DENSIDAD MÁXIMA

86.8 lbs/p^3

1390 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

30.7 %



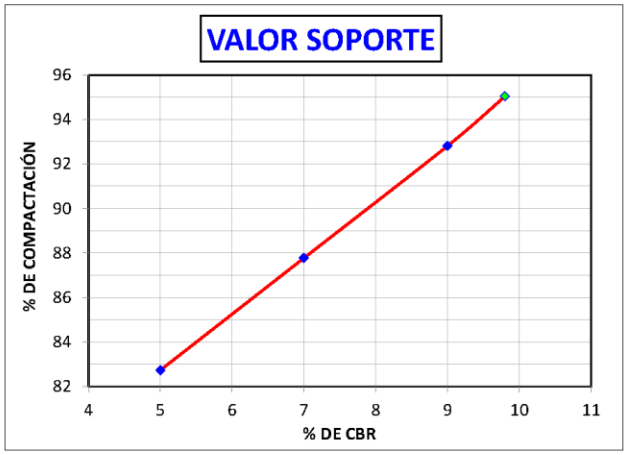
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

9.8

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

2.5



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

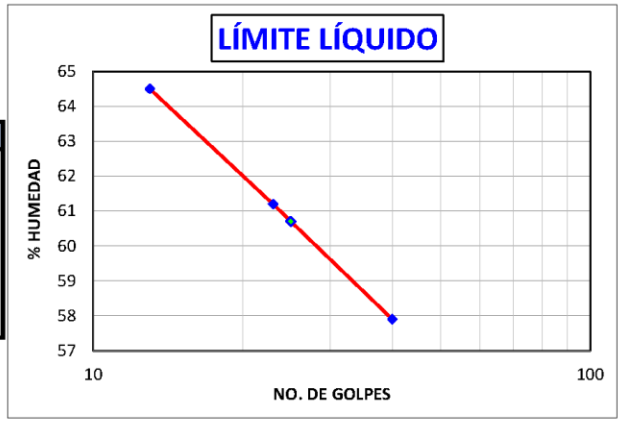
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café

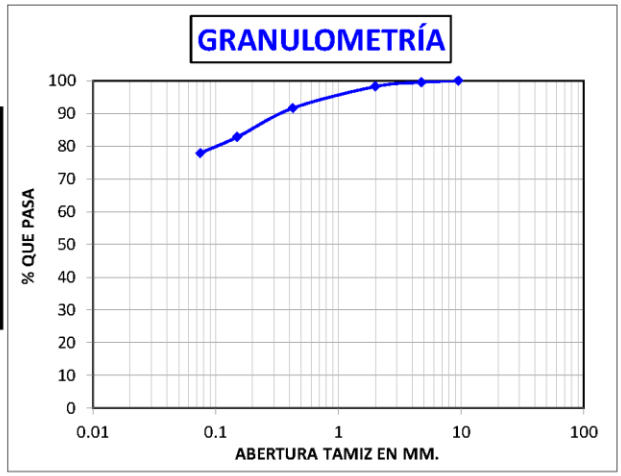
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 4

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**60.7 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**46.1 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**14.6**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	99.5
No. 10	98.2
No. 40	91.6
No. 100	82.8
No. 200	77.9



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 4

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

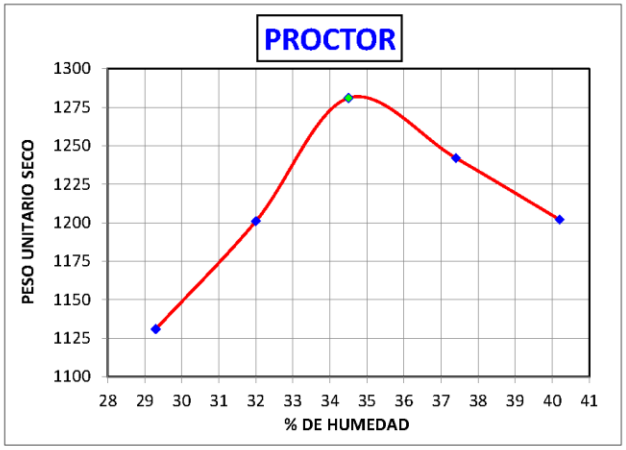
DENSIDAD MÁXIMA

80.0 lbs/p^3

1281 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

34.5 %



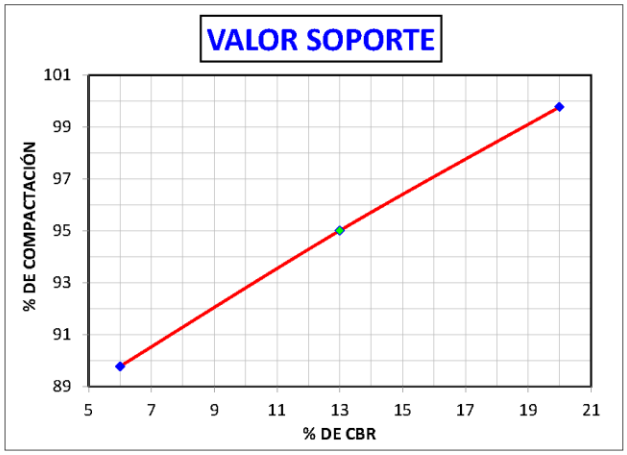
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

13.0

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

1.2



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

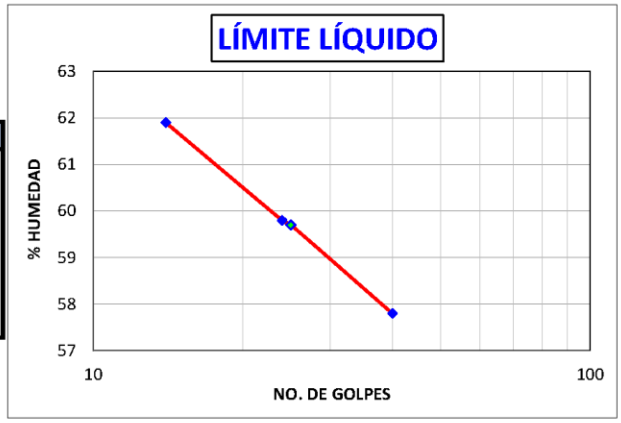
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café

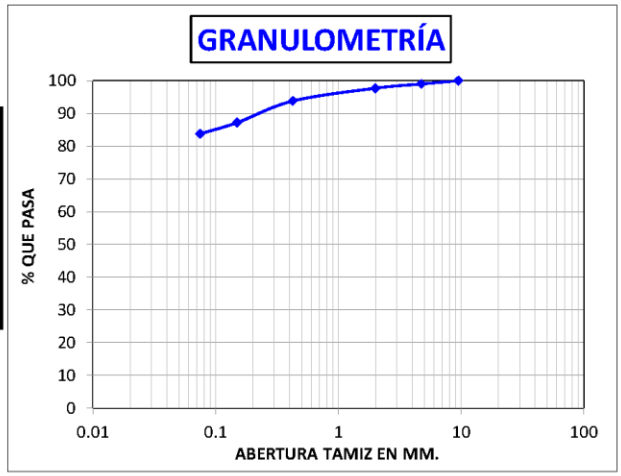
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 5

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**59.7 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**48.2 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**11.5**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	99.0
No. 10	97.7
No. 40	93.8
No. 100	87.2
No. 200	83.8



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (16)

MUESTRA # 5

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

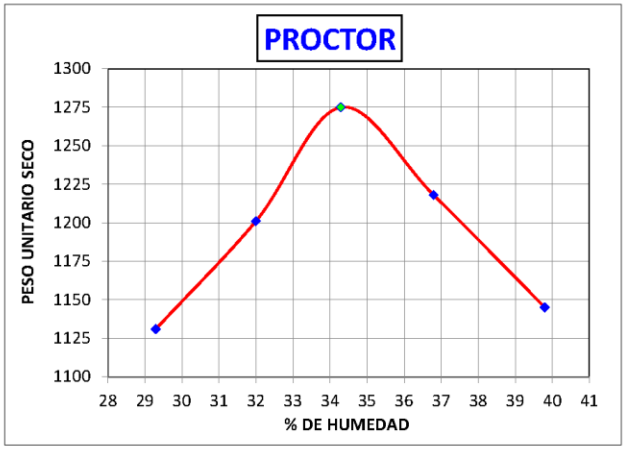
DENSIDAD MÁXIMA

79.6 lbs/p^3

1275 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

34.3 %



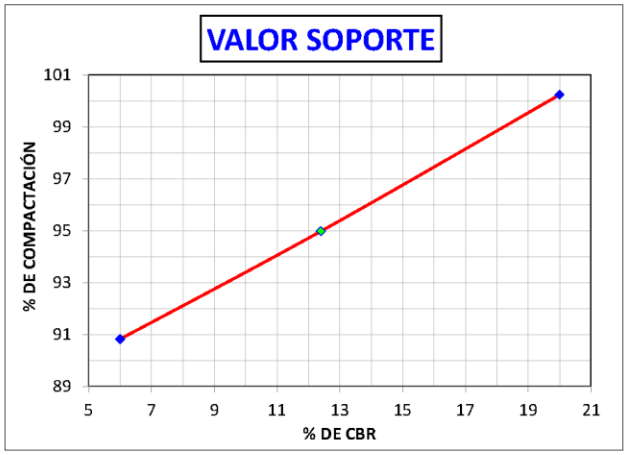
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

12.4

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

1.6



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

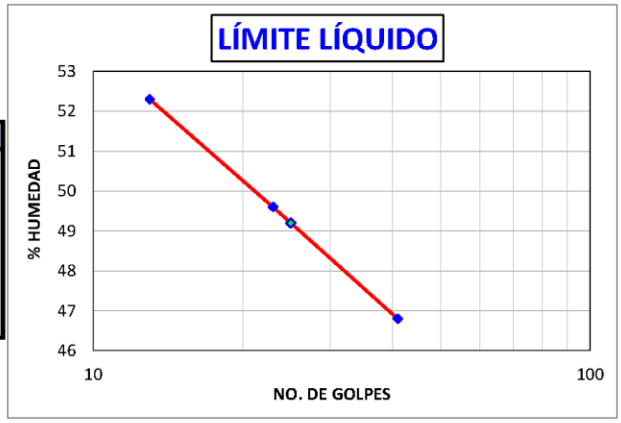
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café oscuro con poca arena

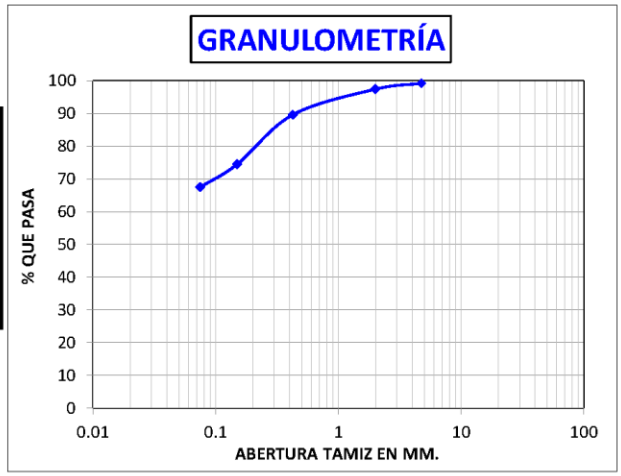
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (9)

MUESTRA # 6

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**49.2 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**37.0 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**12.2**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	99.2
No. 10	97.4
No. 40	89.6
No. 100	74.5
No. 200	67.5



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla limosa café oscuro con poca arena

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (9)

MUESTRA # 6

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

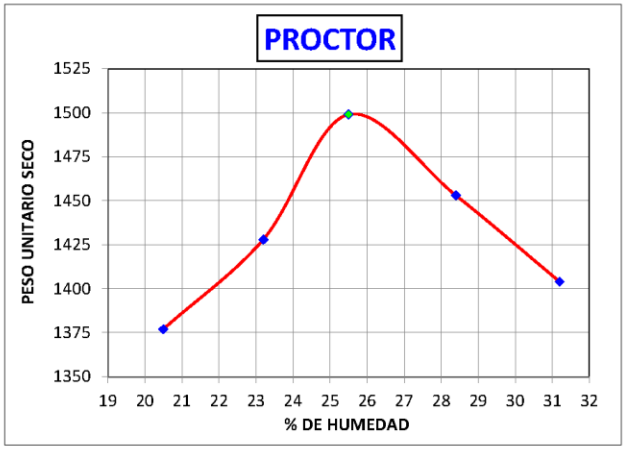
DENSIDAD MÁXIMA

93.6 lbs/p^3

1499 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

25.5 %



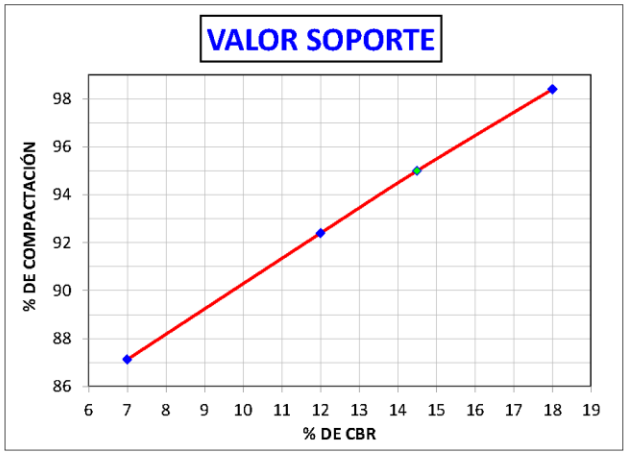
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

14.5

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

1.4



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

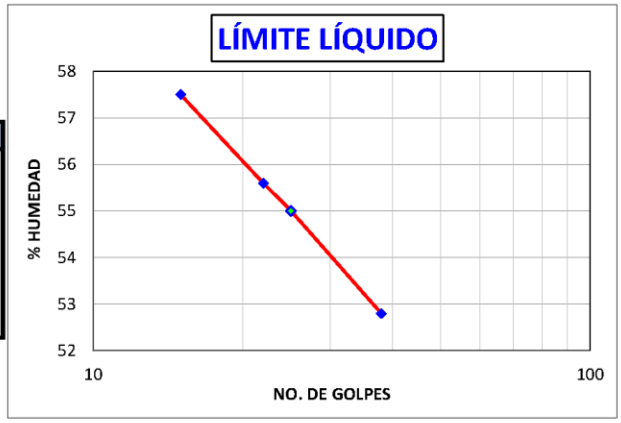
PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

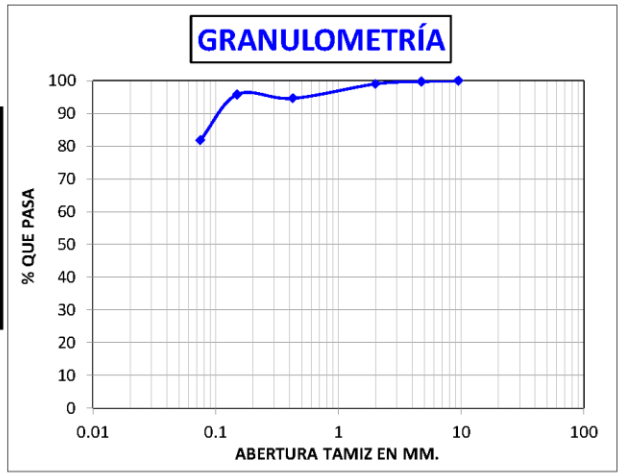
CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (21)

MUESTRA # 7

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LÍMITE LIQUIDO:	**55.0 %**
LÍMITE PLÁSTICO:	**32.3 %**
ÍNDICE PLÁSTICO:	**22.7**



GRANULOMETRÍA	
TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100.0
No. 4	99.7
No. 10	99.0
No. 40	94.6
No. 100	95.8
No. 200	81.8



OBSERVACIONES:

concal
Control de Calidad
Ensayos de laboratorio, análisis y diseño

INFORME DE LABORATORIO

INTERESADO: ING. CARLOS MENDOZA **FECHA:** Agosto 2014

PROYECTO:

TIPO DEL MATERIAL: Arcilla café con poca arena

CLASIFICACIÓN: A - 7 - 5 (21)

MUESTRA # 7

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO

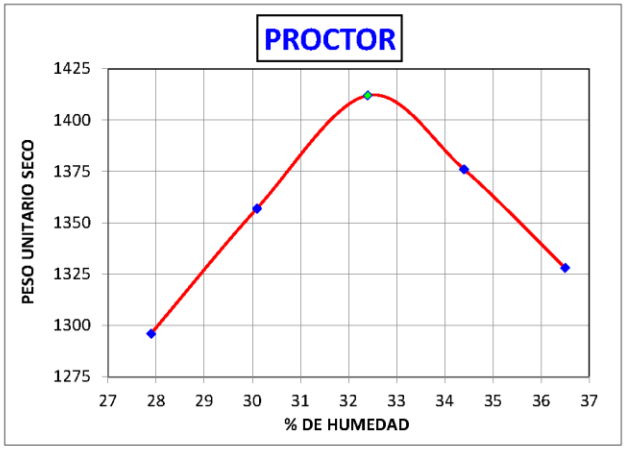
DENSIDAD MÁXIMA

88.1 lbs/p^3

1412 kg/m^3

HUMEDAD ÓPTIMA

32.4 %



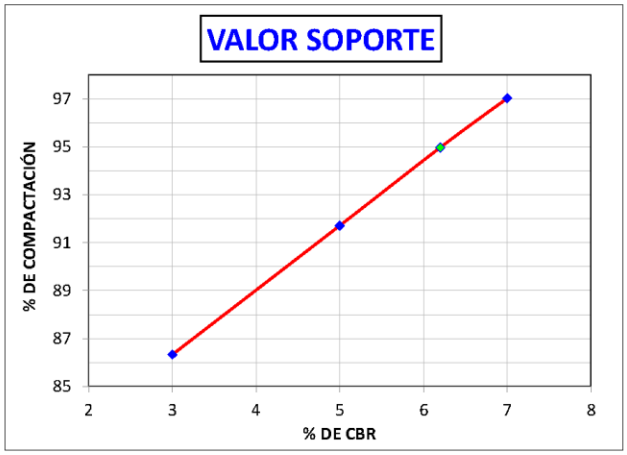
VALOR SOPORTE

CBR AL 95% DE COMPACTACIÓN

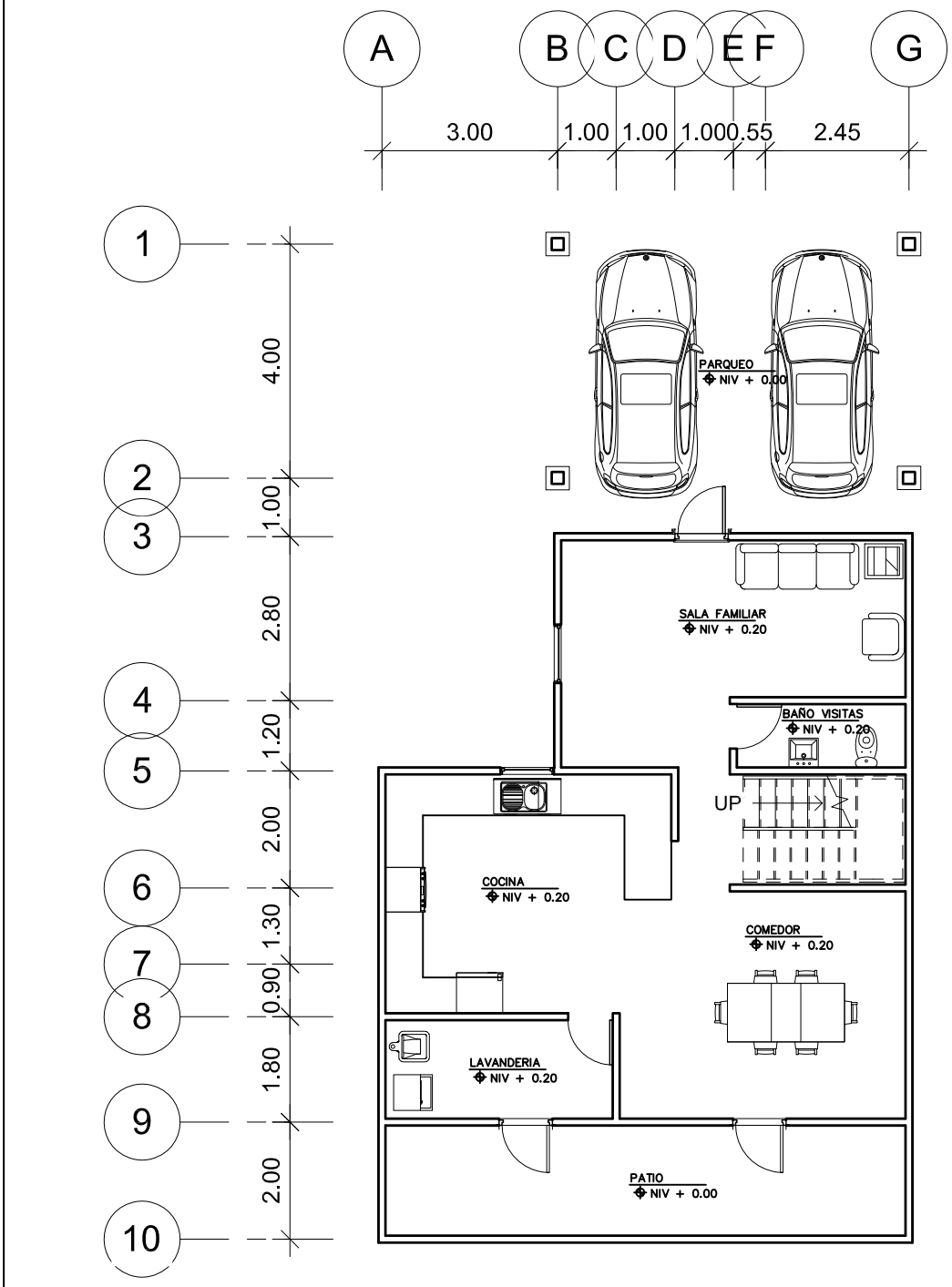
6.2

% HINCHAMIENTO MÁXIMO

3.0

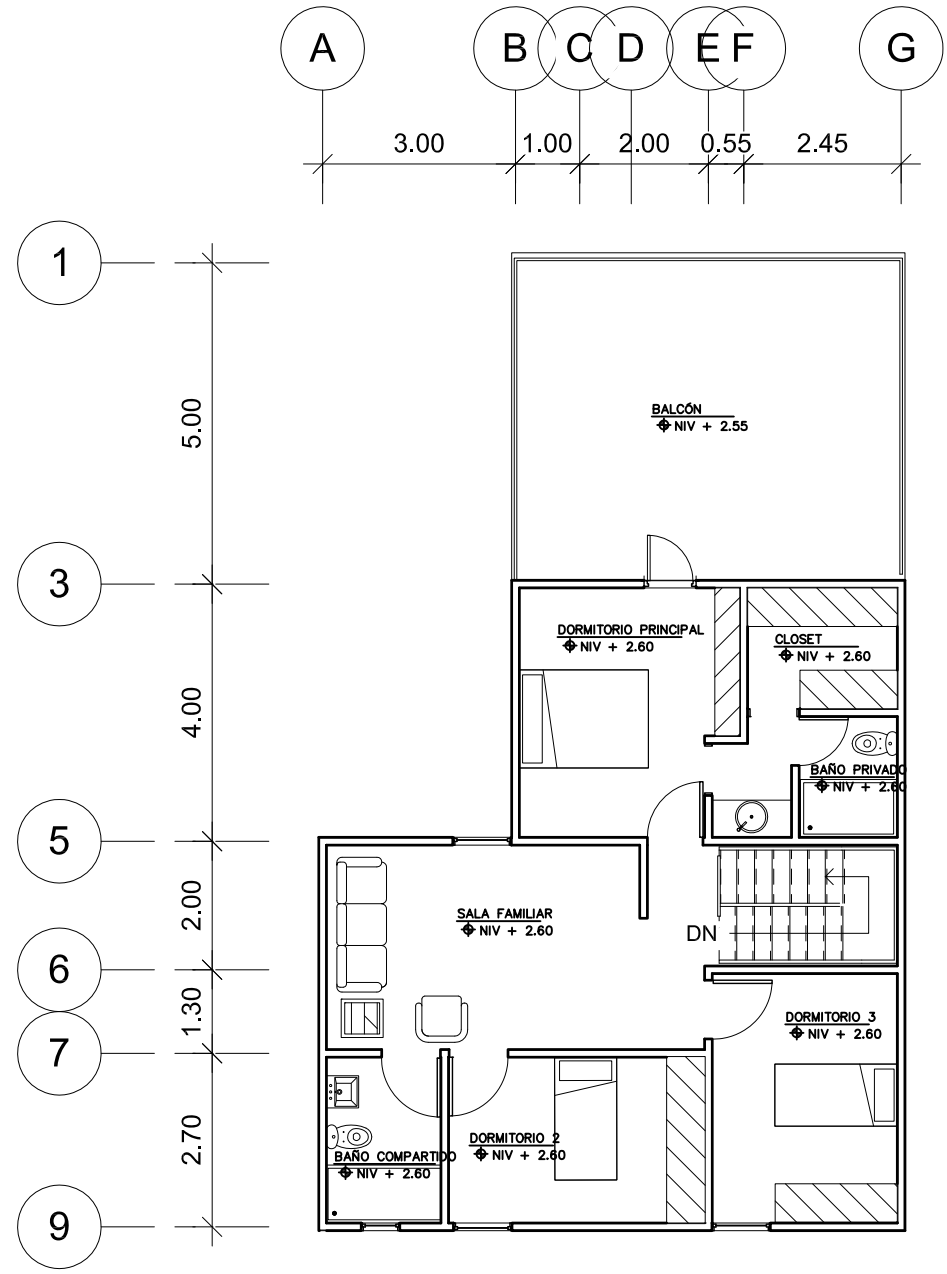


OBSERVACIONES:



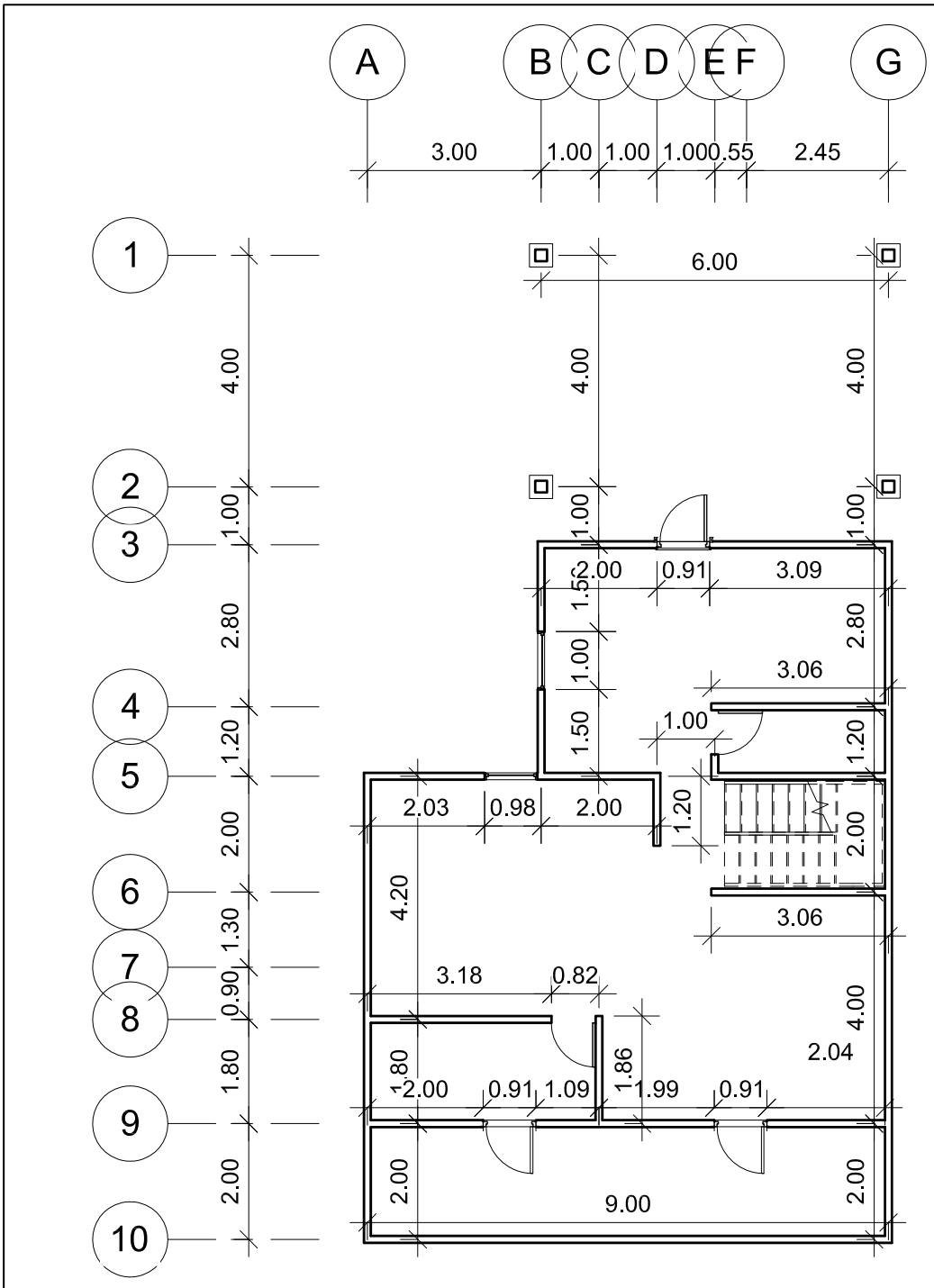
Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta baja amueblada.
Escala:	1:100

1/10



Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta alta amueblada.
Escala:	1:100

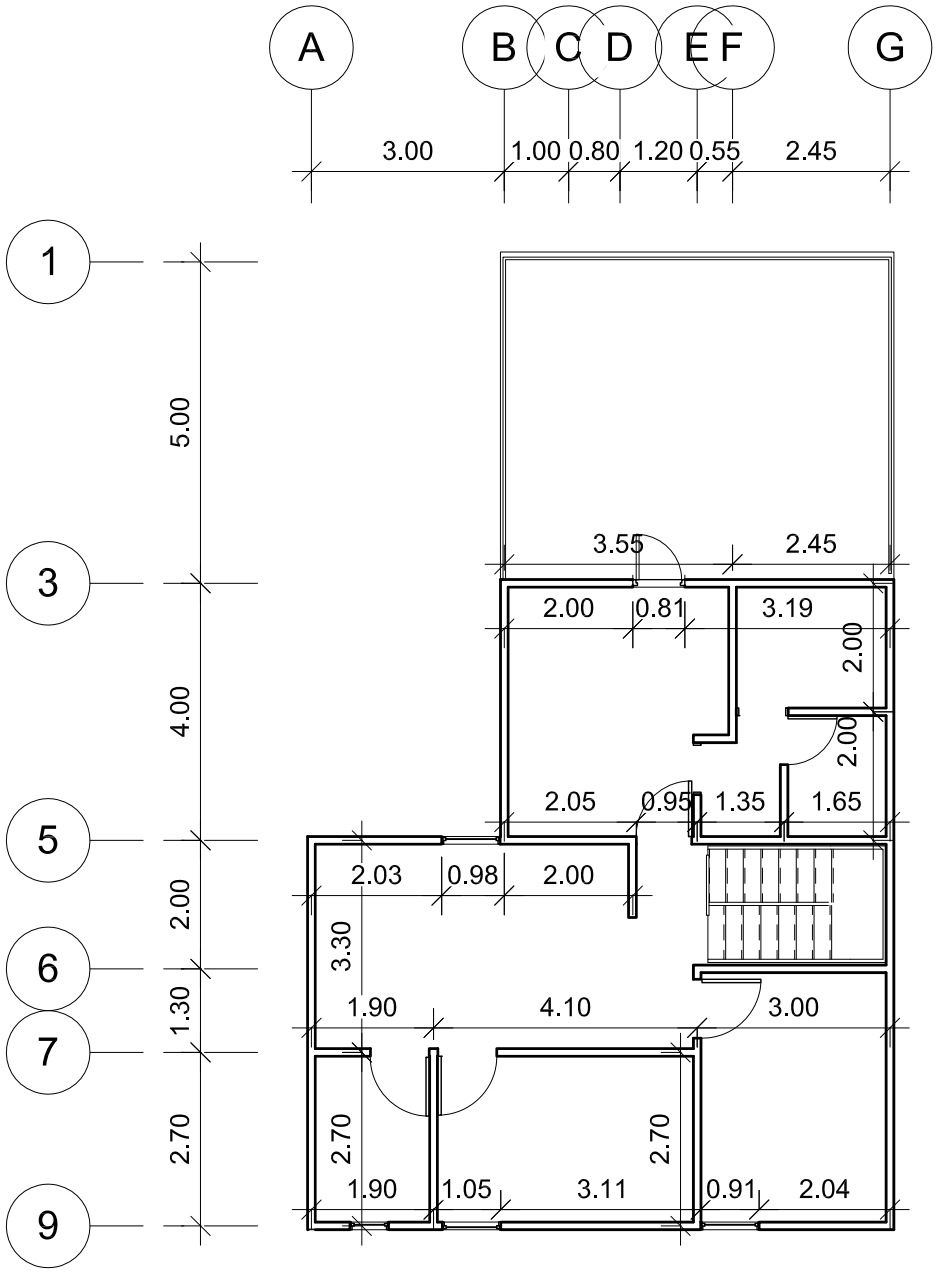
2/10



Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta baja acotada.
Escala:	1:100

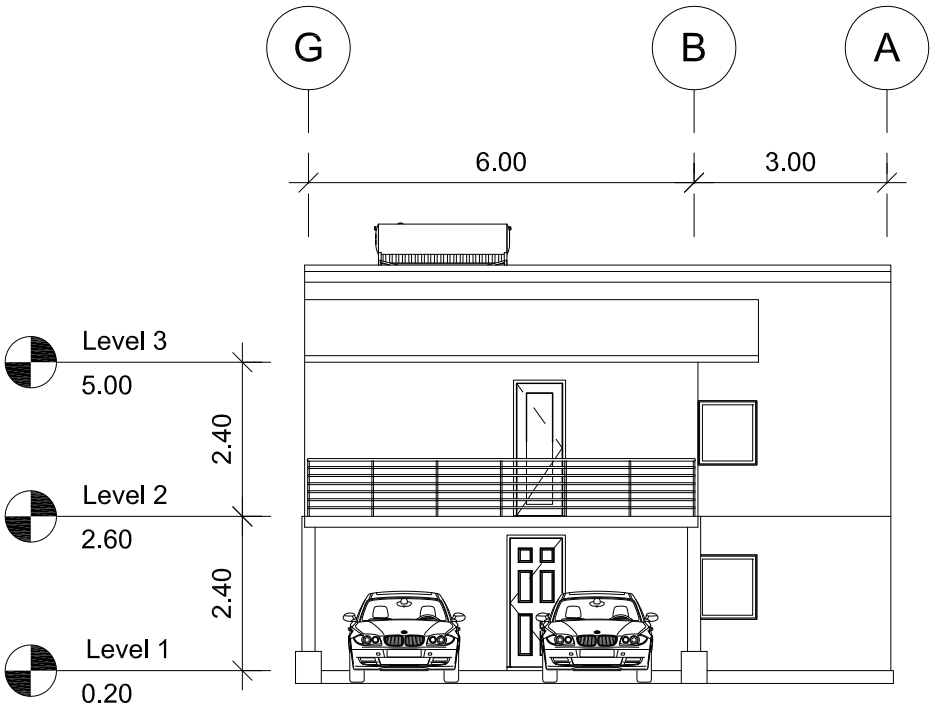
3/10

1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Excelencia que trasciende
DELVALLE GRUPO EDUCATIVO



Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta alta acotada.
Escala:	1:100

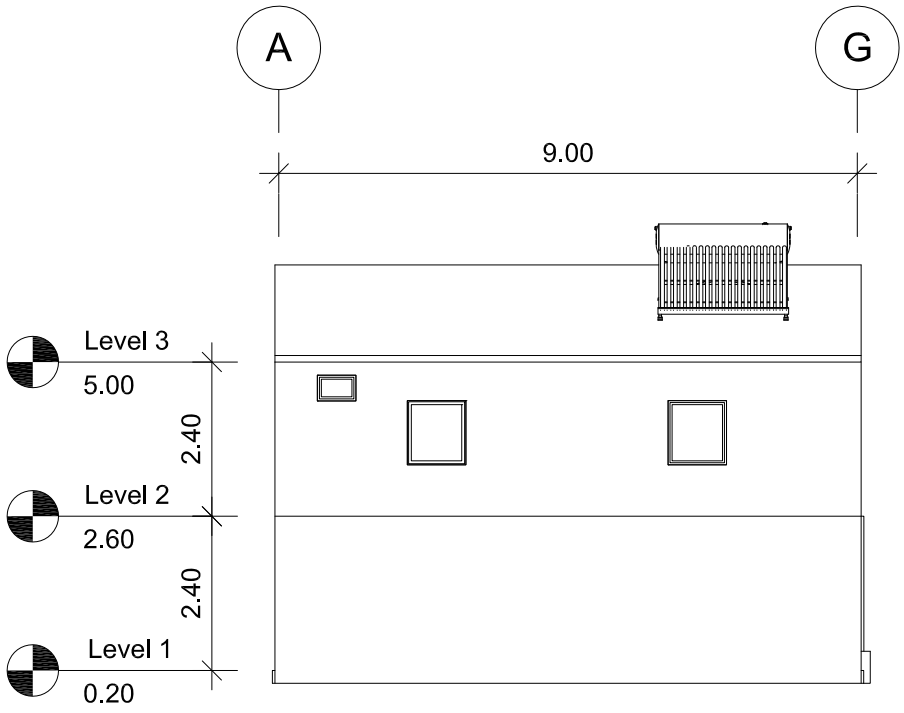
4/10



Elevación
Norte

Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Elevación norte.
Escala:	1:100

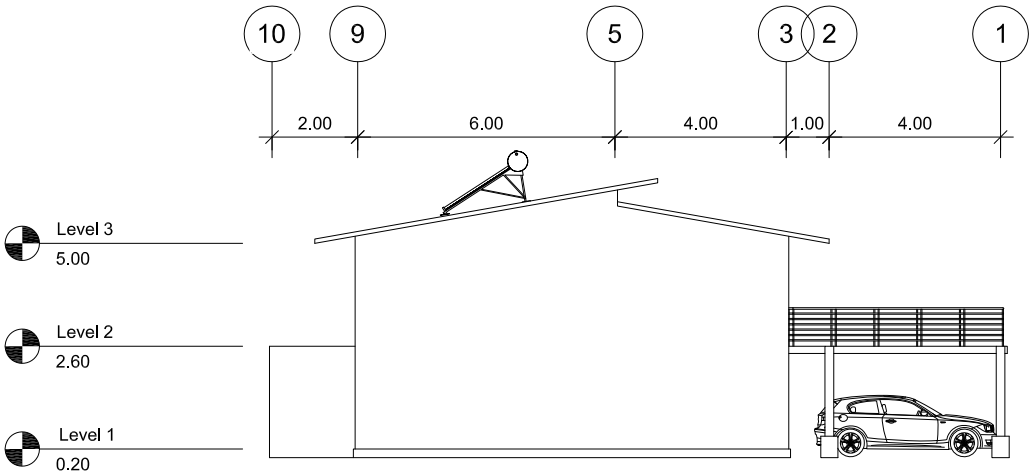
5/10



Elevación
Sur

Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Elevación sur.
Escala:	1:100

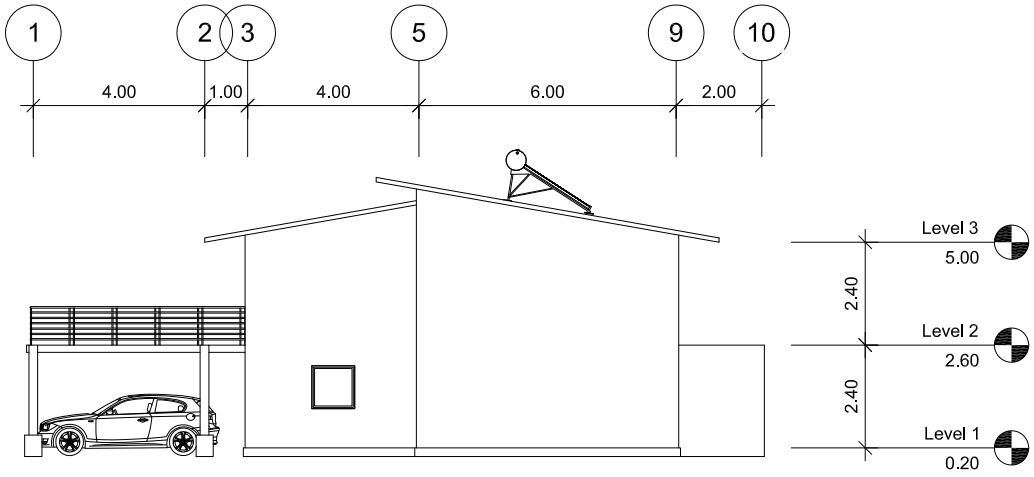
6/10



Elevación
Este

Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Elevación este.
Escala:	1:150

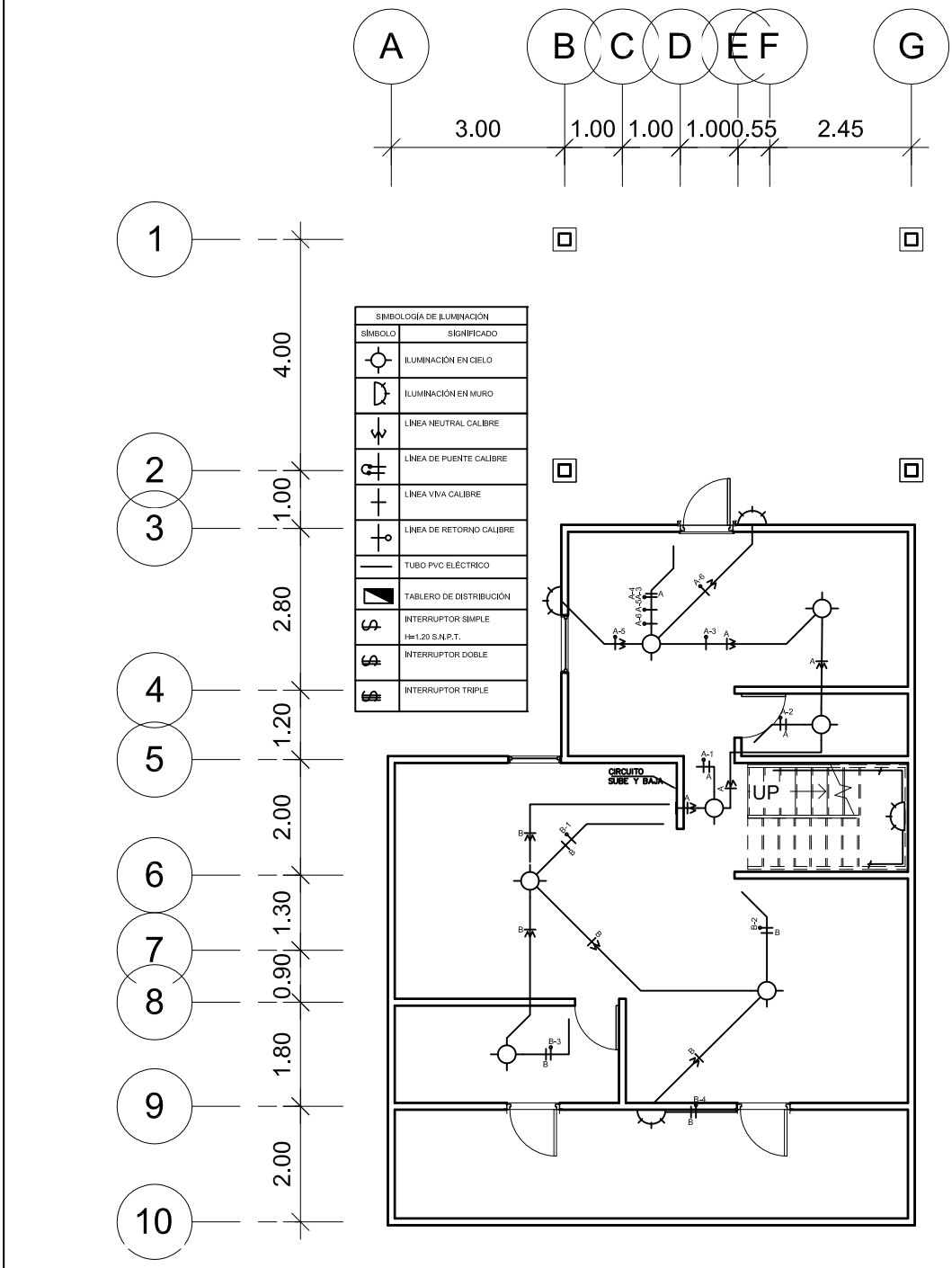
7/10



Elevación
Oeste

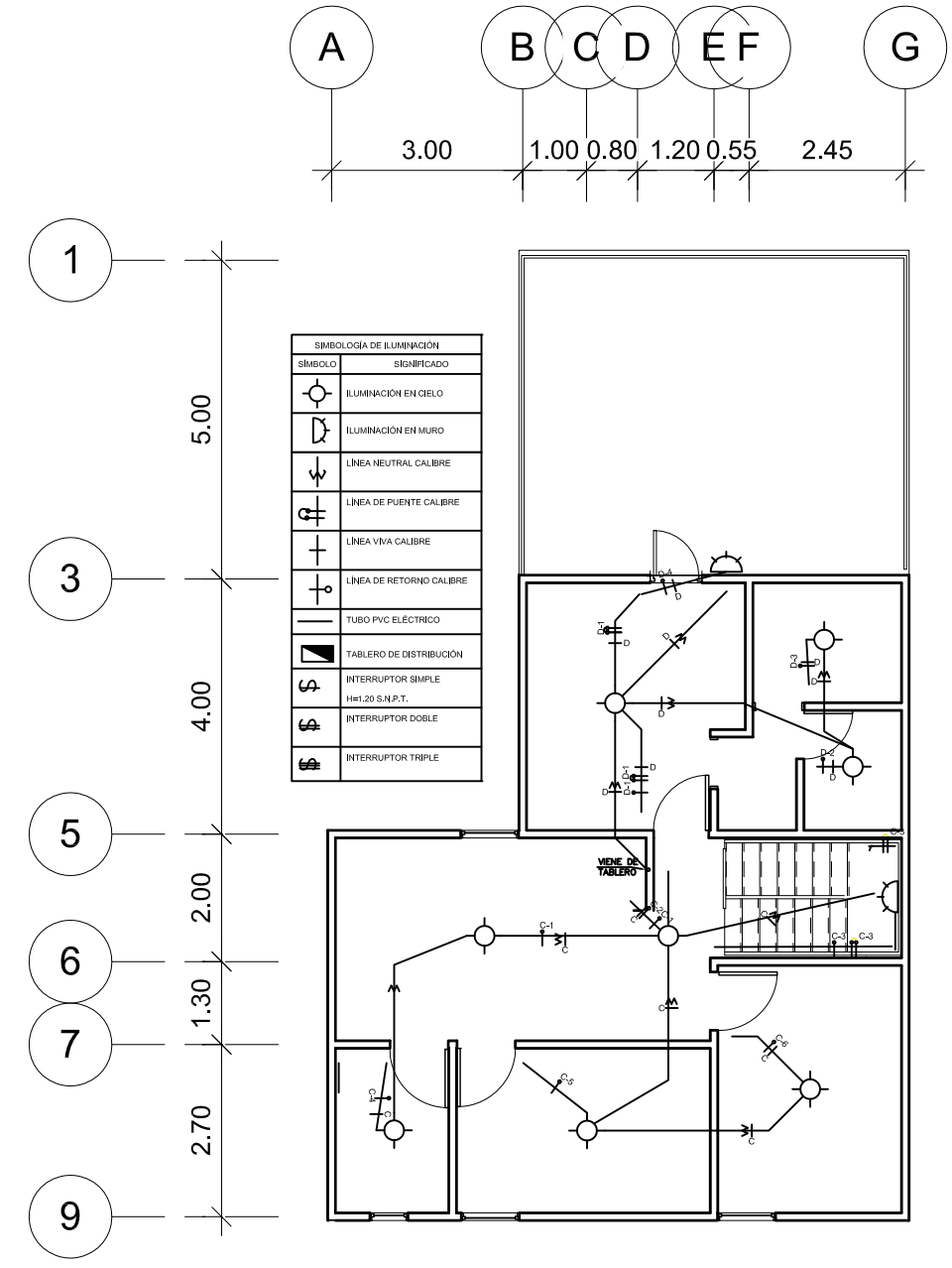
Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Elevación oeste.
Escala:	1:150

8/10



Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta baja iluminación.
Escala:	1:100

9/10



Megaproyecto:	Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial del Proyecto "Condado Santa Elena".
Subtema:	Propuesta de construcción verde de madera.
Nombre:	Mario Estuardo Cifuentes Martínez
Carné:	10159
Descripción:	Planta alta iluminación.
Escala:	1:100

10/10

VIGA SECUNDARIA ENTREPISO

Integración de cargas:

Carga muerta (DL):

$pesopropio := 12\ psf$

$instalaciones := 4\ psf = 191.521\ \frac{N}{m^2}$

$piso := 16\ psf = 766.084\ \frac{N}{m^2}$

$tabicaciones := 15\ psf = 718.204\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva (LL):

$LL := 40\ psf = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + instalaciones + piso + tabicaciones$

$DL = 47\ psf$

$DL = 2250.372\ \frac{N}{m^2}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := DL = 2250.372\ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com1 = 47\ psf$

$Com2 := DL + LL = 4165.583\ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com2 = 87\ psf$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $\quad Wu := max(Combinaciones)$

$Wu = 87\ psf$ $\quad Wu = 4165.583\ \frac{N}{m^2}$

Área tributaria:

$Lv2 := 1\ m$ $\quad anchotv2 := 1.0\ m$

$At := Lv2 \cdot anchotv2 = 1\ m^2$ $\quad At = 10.764\ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400\ ft^2$
$\quad$ "No se acepta reducción de carga viva"
else
$\quad$ "Se acepta reducción de carga viva "

$chequeo1 = \text{"No se acepta reducción de carga viva"}$

Corte y momento máximo:

$Wtrib := Wu \cdot anchotv2 \qquad Wtrib = 4165.583\ \frac{N}{m}$

$Vmax := \frac{Wtrib \cdot Lv2}{2} = 2082.791\ N \qquad Rmax := Vmax = 2082.791\ N$

$Mmax := \frac{Wtrib \cdot Lv2^2}{10} = 416.558\ m \cdot N$

Cargas distribuidas muerta (wdl) y viva (Wll):

$Wdl := DL \cdot anchotv2 = 2250.372\ \frac{N}{m}$

$Wll := LL \cdot anchotv2 = 1915.21\ \frac{N}{m}$

Chequeo esfuerzo flexionante:

$Fb := 2850\ psi = 19650058.286\ \frac{N}{m^2}$ De la tabla 4B de NDS 2005.

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$Sxxreq' := \frac{Mmax}{Fb} = 21.199\ cm^3 \qquad Sxxreq' = 1.294\ in^3$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido, se selecciona la sección de la viga secundaria:

$b' := 2\ in \qquad d' := 4\ in \qquad cep := 0.5\ in$ se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5\ in \qquad b = 3.81\ cm$

$d := d' - cep = 3.5\ in \qquad d = 8.89\ cm$

$Sxxsecc := 3.063\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 50.194\ cm^3$

$chequeo2 := \text{if } Sxxreq' < Sxxsecc \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := 5.25\ in^2$ Tabla 1B NDS 2005

$Ixx := 5.359\ in^4$

De la tabla 4B NDS 2005, se obtiene:

Factor de felxión:

$Fb = 2850\ psi$ $Fb = 19650058.286\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 565\ psi$ $Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión paralelo a la fibra:

$Fc := 2100\ psi$ $Fc = 14478990.316\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $E = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$

$Emin := 660000\ psi$ $Emin = 4550539813.491\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por flexión:

Factor de estabilidad de la viga:

$CL := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de tamaño:

$CF := 1.5$ Tabla 4A NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de miembos repetitivos:

$Cr := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de uso plano:

$Cfu := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste:

$$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$$

$$Fb' = 21615064.114 \ \frac{N}{m^2} \qquad Fb' = 3135 \ psi$$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 8299035.011 \ \frac{N}{m^2} \qquad fb = 1203.673 \ psi$$

$$Chequeoflexion := \begin{cases} \text{if } fb < Fb' \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases}$$

$$Chequeoflexion = \text{“OK”}$$

Chequeo tensión cortante:

$$Vmax = 2082.791 \ N \qquad Vmax = 4591.769 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$$

$$Aprov = 33.871 \ cm^2 \qquad Aprov = 5.25 \ in^2$$

Se calcula la tensión cortante real:

$$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 922380.834 \ \frac{N}{m^2} \qquad fv = 922380.834 \ Pa$$

con el Fv obtenido de las tabla 4B se multiplica por los factores de corrección C para encontrar la tensión cortante permisible.

$$Fv = 1206582.526 \ \frac{N}{m^2} \qquad Fv = 25200 \ psf$$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$Fv' = 1206582.526 \ \frac{N}{m^2}$ $Fv' = 25200 \ psf$

$ChequeoTcortante := \text{if } fv < Fv'$
$\quad \| \ \text{“OK”}$
else
$\quad \| \ \text{“NO OK”}$

$ChequeoTcortante = \text{“OK”}$

Chequeo de deflexión:

Se obtiene el el módulo de flexión de elasticidad permitido multipilicando el módulo de elasticidad por los factores C de correción.

$E = 1800000\ psi$ $E = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajuste para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E' = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000\ psi$

Se da entonces el momemto de inercia en su eje fuerte y la carga muerta y viva uniformemente distribuida.

$Ixx = 223.058\ cm^4$ $Ixx = 5.359\ in^4$

$Wdl = 2250.372\ \frac{N}{m}$ $Wll = 1915.21\ \frac{N}{m}$

Límite de deflexión de la viga secundaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv2}{360}$

$limdefLL = 0.003\ m$ $limdefLL = 0.109\ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv2}{240}$

$limdefTL = 0.004\ m$ $limdefTL = 0.164\ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$\Delta DL := \frac{5 \cdot Wdl \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$

$\Delta DL = 0.001\ m$ $\Delta DL = 0.042\ in$

La deflexión por la carga viva es:

$\Delta LL := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$

$\Delta LL = 0.001\ m$ $\Delta LL = 0.035\ in$

*se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condicinoes secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL$

$\Delta TL = 0.001\ m$ $\Delta TL = 0.056\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \text{ } \| \text{ } \text{“OK”} \text{ else } \| \text{ } \text{“NO OK”}$$

$$ChequeodefLL = \text{“OK”}$$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \text{ } \| \text{ } \text{“OK”} \text{ else } \| \text{ } \text{“NO OK”}$$

$$ChequeodefTL = \text{“OK”}$$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$$Ireq1 := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lv2^3}{384 \cdot E'} \cdot 360 = 72.338\ cm^4 \qquad Ireq1 = 1.738\ in^4$$

$$Ireq2 := \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdl + Wll) \cdot Lv2^3}{384 \cdot E'} \cdot 240 = 76.558\ cm^4$$

$$Ireq2 = 1.839\ in^4$$

$$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix} \qquad Ireq' := max(Ireq)$$

$$Ireq' = 76.558\ cm^4 \qquad Ireq' = 1.839\ in^4$$

Este debe ser menor al momento de inercia de nuestra sección:

$$Ixx = 223.058\ cm^4 \qquad Ixx = 5.359\ in^4$$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \begin{cases} \text{if } Ireq' < Ixx \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases}$$

$ChequeoIxx = \text{“OK”}$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.

Se da la reacción máxima en los apoyos y el grosor final de la sección a utilizar:

$Rmax = 2082.791\ N$ $b = 1.5\ in$

Se calcula el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras permitido multiplicando el factor de compresión perpendicular a las fibras por los factores C de ajustes.

$Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para compresión perpendicular a las fibras:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp´ := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.871 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Fcp´ = 565 \ psi$$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req´ := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp´}$$

$$Lb.req´ = 0.014 \ m \qquad Lb.req´ = 0.552 \ in$$

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 2"X4" para las vigas secundarias de entrepiso.

VIGA PRIMARIA ENTREPISO

$\rho.madera := 560\ \frac{kg}{m^3} = 34.96\ \frac{lb}{ft^3}$ Densidad madera seca.

Se asume peso propio de la viga:

$Wppsup := 90\ \frac{m}{s^2}\ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 133.935\ \frac{N}{m}$

Carga viva y muerta (vienen de viga secundarias):

$DL = 47\ psf$ $DL = 2250.372\ \frac{N}{m^2}$

$LL = 40\ psf$ $LL = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Largo tributario viga secundaria: $Lv2 := 0.5\ m$ $Lv2 = 1.64\ ft$

Separación entre vigas secundarias: $anchotv2 = 1\ m$ $anchotv2 = 3.281\ ft$

$Wdl := DL \cdot anchotv2 = 2250.372\ \frac{N}{m}$

$Wll := LL \cdot anchotv2 = 1915.21\ \frac{N}{m}$

Largo viga primaria: $Lv1 := 6\ m$ $Lv1 = 19.685\ ft$

Carga puntual:

$Pdl := Wdl \cdot Lv2 = 1125.186\ N$ $Pdl = 2480.611\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Pll := Wll \cdot Lv2 = 957.605\ N$ $Pll = 2111.158\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

Carga distribuida:

$Wdis := Wppsup = 133.935\ \frac{N}{m}$ $Wdis = 90\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := Pdl = 1125.186\ N$ $\quad Com1 = 2480.611\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com2 := Pdl + Pll = 2082.791\ N$ $\quad Com2 = 4591.769\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $\quad Pu := max(Combinaciones)$

Carga de diseño:

$Pu = 4591.769\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$ + $Wdis = 90\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

$Pu = 2082.791\ N$ + $Wdis = 133.935\ \frac{N}{m}$

Ancho tributario: $anchotv1 := 1\ m$ $\quad anchotv1 = 3.281\ ft$

Área tributaria: $At := anchotv1 \cdot Lv1$

$At = 6\ m^2$ $\quad At = 64.583\ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400\ ft^2$
$\quad \| \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$
else
$\quad \| \text{“Se acepta reducción de carga viva ”}$

$chequeo1 = \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$

Se calculan los efectos de la carga sobre la viga:

Corte máximo:

$Vmax := \frac{5 \cdot Pu}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv1}{2} = 5608.782\ N$

Reacción máxima:

$Rmax := Vmax = 5608.782\ N$

Momento máximo:

$$Mmax := \frac{3 \cdot Pu \cdot Lv1}{4} + \frac{Wdis \cdot Lv1^2}{8} = 9975.267\ m \cdot N$$

Chequeo de flexión:

$Fb = 2850\ psi$ De la tabla 4B de NDS 2005.

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$$Sxxreq' := \frac{Mmax}{Fb} = 507.646\ cm^3 \qquad Sxxreq' = 30.978\ in^3$$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido se selecciona la sección de la viga primaria.

$b' := 3\ in$ $d' := 10\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 2.5\ in$ $b = 6.35\ cm$

$d := d' - cep \cdot 1.5 = 9.25\ in$ $d = 23.495\ cm$

$Sxxsecc := 35.65\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 584.199\ cm^3$

$$chequeo2 := \text{if } Sxxreq' < Sxxsecc \text{ } \| \text{ “OK” } \text{ else } \| \text{ “NO OK”}$$

$chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 23.125\ in^2$ Tabla 1B NDS 2005

$Ixx := 164.9\ in^4$

De la tabla 4B NSD 2005 se obtienen:

Factor de flexión:

$Fb = 2850\ psi$ $Fb = 19650058.286\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 565\ psi$ $Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $E = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$

$Emin := 660000\ psi$ $Emin = 4550539813.491\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por flexión:

Factor de estabilidad de la viga:

$CL := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de tamaño:

$CF := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de miembos repetitivos:

$Cr := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de longitud de apoyo:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de uso plano:

$Cfu := 1.2$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste:

$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$

$Fb' = 23580069.943 \ \frac{N}{m^2}$ $Fb' = 3420 \ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 17075123.319 \ \frac{N}{m^2}$ $fb = 2476.537 \ psi$

$Chequeoflexion := \text{if } fb < Fb' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$

$Chequeoflexion = \text{“OK”}$

Chequeo tensión cortante:

$Vmax = 5608.782\ N$ $Vmax = 12365.249\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Aprov = 149.193\ cm^2$ $Aprov = 23.125\ in^2$

Se calcula la tensión cortante real:

$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 563911.145\ \frac{N}{m^2}$ $fv = 11777.529\ psf$

Con el Fv obtenido de las tabla 4B se multiplica por los factores de corrección C para encontrar la tensión cortante permisible.

$Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2}$ $Fv = 25200\ psf$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la Carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$Fv' = 1206582.526 \ \frac{N}{m^2}$ $Fv' = 25200 \ psf$

$ChequeoTcortante := \text{if } fv < Fv'$
$\quad \| \ \text{“OK”}$
else
$\quad \| \ \text{“NO OK”}$

$ChequeoTcortante = \text{“OK”}$

Chequeo de deflexión:

Se obtiene el el módulo de flexión de elasticidad permitido multipilicando el módulo de elasticidad por los factores C de correción.

$E = 1800000 \ psi$ $E = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E' = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000 \ psi$

Se da entonces el momemto de inercia en su eje fuerte y la carga muerta y viva uniformemente distribuida.

$Ixx = 6863.656 \ cm^4$ $Ixx = 164.9 \ in^4$

$Pdl = 1125.186 \ N$ $Pll = 957.605 \ N$

$Wdis = 133.935 \ \frac{N}{m}$

Límite de deflexión de la viga primaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv1}{360}$

$limdefLL = 0.017 \ m$ $limdefLL = 0.656 \ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv1}{240}$

$limdefTL = 0.025 \ m$ $limdefTL = 0.984 \ in$

La deflexión por la carga viva es:

$\Delta DL := \frac{12.664 \cdot Pdl \cdot Lv1^3}{980 \cdot E' \cdot Ixx} + \frac{5 \ Wdis \cdot Lv1^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$

$\Delta DL = 0.006 \ m$ $\Delta DL = 0.25 \ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$$\Delta LL := \frac{12.664 \cdot Pll \cdot Lv1^3}{980 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta LL = 0.003\ m$ $\Delta LL = 0.124\ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL$

$\Delta TL = 0.006\ m$ $\Delta TL = 0.248\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \text{ } \| \text{ “OK” } \text{else } \| \text{ “NO OK”}$$

$ChequeodefLL = \text{“OK”}$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \text{ } \| \text{ “OK” } \text{else } \| \text{ “NO OK”}$$

$ChequeodefTL = \text{“OK”}$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$$Ireq1 := \frac{12.664 \cdot Pll \cdot Lv1^2}{980 \cdot E'} \cdot 360 = 1292.245\ cm^4 \qquad Ireq1 = 31.046\ in^4$$

$$Ireq2 := \left(\frac{12.664 \cdot (kfluencia \cdot Pdl + Pll) \cdot Lv1^2}{980 \cdot E'} + \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdis) \cdot Lv1^3}{384 \cdot E'} \right) \cdot 240$$

$$Ireq2 = 1731.856\ cm^4 \qquad Ireq2 = 41.608\ in^4$$

$$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix} \qquad Ireq' := max(Ireq)$$

$$Ireq' = 1731.856\ cm^4 \qquad Ireq' = 41.608\ in^4$$

Este debe ser menor al momento de inciercia de nuestra sección.

$$Ixx = 6863.656\ cm^4 \qquad Ixx = 164.9\ in^4$$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \text{if } Ireq' < Ixx \ \|\ \text{“OK”} \ \text{else} \ \|\ \text{“NO OK”}$$

$$ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.

Se da la reacción máxima en los apoyos y el grosor final de la sección a utilizar:

$Rmax = 5608.782\ N$ $b = 2.5\ in$

Se calcula el esfuerzo de comrpesión perpendicular a las fibras permitido multiplicando el factor de compresión perpendicular a las fibras por los factores C de ajustes.

$Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$ $Fcp = 81360\ psf$

Factores C de ajustes para compresión perpendicular a las fibras:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Esfuerzo de compresión permitido:

$Fcp' := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

$Fcp' = 565\ psi$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req´ := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp´}$$

$Lb.req´ = 0.023\ m$ $Lb.req´ = 0.893\ in$

Chequeo del peso propio asumido:

Densidad de la madera utilizada:

$\rho.madera = 560\ \frac{kg}{m^3}$ $\rho.madera = 34.96\ \frac{lb}{ft^3}$

Peso propio asumido:

$Wppsup := 90\ \frac{m}{s^2}\ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 133.935\ \frac{N}{m}$

Sección seleccionada:

$b´ = 3\ in$ X $d´ = 10\ in$

$b = 2.5\ in$ X $d = 9.25\ in$

Peso propio real:

$ppreal := (b \cdot d) \cdot \rho.madera = 5.614\ \frac{lb}{ft}$ $ppreal = 8.355\ \frac{kg}{m}$

Debido a que el peso asumido es mayor al peso real, el peso asumido es aceptable.

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 3"X10" para las primarias de entrepiso.

Deck de entrepiso

Distancia entre armadura de piso:

$Ld := 1\ m$ $\quad Ld = 3.28\ ft$

Integración de cargas:

Carga muerta (DL):

$instalaciones := 4\ psf$ $\quad instalaciones = 191.52\ \frac{N}{m^2}$

$pesopropio := 16\ psf$ $\quad pesopropio = 766.08\ \frac{N}{m^2}$

$tabicaciones := 15\ psf$ $\quad tabicaciones = 718.2\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + instalaciones + tabicaciones$

$DL = 35\ psf$ $\quad DL = 1675.81\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva (LL):

$LL := 40\ psf$ $\quad LL = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := DL = 35\ psf$ $\quad Com1 = 1675.81\ \frac{N}{m^2}$

$Com2 := DL + LL = 75\ psf$ $\quad Com2 = 3591.02\ \frac{N}{m^2}$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $\quad Wu := \max(Combinaciones)$

$Wu = 75\ psf$ $\quad Wu = 3591.02\ \frac{N}{m^2}$

Se asume una duela deck que se apoya en un tramo sencillo.

Duela seleccionada: 2"X6"

$cep := 0.5\ in$

$b' := 2\ in$ $\quad d' := 6\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5\ in$ $\quad b = 3.81\ cm$

$d := d' - cep = 5.5\ in$ $\quad d = 13.97\ cm$

Con las propiedades de la duela y el espaciamiento entre apoyos se obtienen las propiedad de la sección del deck:

$Axxduela := 8.25\ in^2$ $\quad Axxduela = 53.23\ cm^2$

$Syyduela := 2.063\ in^3$ $\quad Syyduela = 33.81\ cm^3$

$Iyyduela := 1.547\ in^4$ $\quad Iyyduela = 64.39\ cm^4$

Entonces se obtienen las propiedades por el ancho en un pie del deck :

$Axx := Axxduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 18\ in^2$ $\quad Axx = 116.13\ cm^2$

$Syy := Syyduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 4.5\ in^3$ $\quad Syy = 73.76\ cm^3$

$Iyy := Iyyduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 3.38\ in^4$ $\quad Iyy = 140.49\ cm^4$

Se calcula el momento máximo:

$$Mmax' := \frac{Wu \cdot Ld^2}{8}$$

$Mmax := Mmax' \cdot 1\ ft = 100.91\ lbf \cdot ft$

(Por el ancho en un pie del deck)

De la tabla de 4E de NDS 2005 se obtienen los valores de esfuerzo de la sección del deck y sus factores de ajuste C.

Esfuerzo de flexión con el factor de ajuste de miembro repetitivo:

$FbCr := 1300\ psi$

Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 375\ psi$

Módulo de elasticidad:

$E := 1600000\ psi$

Factor de tamaño:

$CF := 1.10$

Factor de incisión:

$Ci := 1$

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$

Factor de humedad:

$CM := 1$

Factor de temperatura:

$Ct := 1$

Factor de estabilidad:

$CL := 1$

Se calculan los esfuerzos admisibles:

$Fb' := FbCr \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot CF \cdot Ci = 1430\ psi$

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci = 1600000\ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión sobre el eje débil y-y:

$$fby := \frac{Mmax}{Syy} = 269.03\ psi$$

Por lo tanto se compara con el esfuerzo de flexión admisible:

$$\text{if } fby < Fb' \ \Big\| \ = \text{“OK”}$$
$$\text{“OK”}$$
$$\text{else}$$
$$\text{“NO OK”}$$

Se realiza el chequeo por deflexión:

$Dl := DL \cdot ft = 35 \ \frac{lbf}{ft}$ $\qquad Dl = 2.92 \ \frac{lbf}{in}$

(Por el ancho en un pie del deck)

$Ll := LL \cdot ft = 40 \ \frac{lbf}{ft}$ $\qquad Ll = 3.33 \ \frac{lbf}{in}$

La deflexión de la carga muerta:

$\Delta Dl := \frac{5 \cdot Dl \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.02 \ in$

Factor K de fluencia:

$kfluencia := .5$

La deflexión de la carga viva:

$\Delta Ll := \frac{5 \cdot Ll \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.02 \ in$

La deflexión de la carga total incremental a largo plazo:

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta Dl + \Delta Ll = 0.03 \ in$

Se chequea para la carga viva y la incremental a largo plazo:

$\text{if } \Delta Ll < \frac{Ld}{360} \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”} = \text{“OK”}$

$\text{if } \Delta TL < \frac{Ld}{240} \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”} = \text{“OK”}$

Diseño de techo:

VIGAS SECUNDARIAS

Integración de cargas:

$pesopropio := 12\ psf = 574.563\ \frac{N}{m^2}$

$instalaciones := 4\ psf = 191.521\ \frac{N}{m^2}$

$techo := 16\ psf = 766.084\ \frac{N}{m^2}$

Panel solar:

$panelsol := 22\ lbf \qquad areapanel := 1\ m \cdot 1.65\ m = 1.65\ m^2$

$\left(\frac{panelsol}{areapanel}\right) = 1.239\ psf$

$pesopanel := 1.25\ psf$

Calentador solar: (calentdador de 200L)

$Pesototalcalentador := 1200\ lbf$

$Wcalentador := \frac{Pesototalcalentador}{(1\ m \cdot 1\ m)} = 5337.866\ \frac{N}{m^2}$

$Wcalentador = 111.484\ psf$

Carga muerta:

Con paneles solares + calentador solar:

$DL := pesopropio + instalaciones + techo + pesopanel + Wcalentador = 144.734\ psf$

$DL = 6929.885\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva:

$LL := 40\ psf = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Carga de viento:

Basándose en AGIES NSE 2-10 se le da un nivel de exposición B, que en este caso tenemos bosques o irregularidades superficiales que cubren por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.5km o más desde el lugar.

Se calcula la presión de diseño de viento con ayuda de la siguiente fórmula:

$P = Ce \cdot Cq \cdot Qs \cdot I$

Donde:

$Ce := .72$ Coeficiente de exposición obtenido de tabla 5-1 AGIES NSE 2-10

$Cq1 := 0.9$ $Cq2 := 0.7$ $Cq3 := 0.8$ $Cq4 := 0.4$

Coeficiente de presión obtenido de la tabla 5-2 AGIES NSE 2-10

$Qs := 474\ \frac{N}{m^2}$ Presión de remanso del viento obtenido de la tabla 5-3 AGIES NSE 2-10

$I := 1$ Factor de importancia es uno debido a no ser una obra esencial (AGIES NSE 2-10)

$P1 := Ce \cdot Cq1 \cdot Qs \cdot I = 307.152\ \frac{N}{m^2}$ $P1 = 6.415\ psf$

$P2 := Ce \cdot Cq2 \cdot Qs \cdot I = 238.896\ \frac{N}{m^2}$ $P2 = 4.989\ psf$

$P3 := Ce \cdot Cq3 \cdot Qs \cdot I = 273.024\ \frac{N}{m^2}$ $P3 = 5.702\ psf$

$P4 := Ce \cdot Cq4 \cdot Qs \cdot I = 136.512\ \frac{N}{m^2}$ $P4 = 2.851\ psf$

Total presión de viento:

$WL := max(P1, P2, P3, P4) = 307.152\ \frac{N}{m^2}$ $WL = 6.415\ psf$

Combinaciones de carga:

Debido a que la carga de los paneles solares es pequeña se realizará la combinación de carga combinando el peso de los paneles solares más la puntual del calentador solar.

$Com1 := DL = 6929.885 \ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com1 = 144.734 \ psf$

$Com2 := DL + LL = 8845.095 \ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com2 = 184.734 \ psf$

$Com3 := DL + WL = 7237.037 \ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com3 = 151.149 \ psf$

$Com4 := DL + .75 \cdot LL + .75 \cdot WL = 8596.656 \ \frac{N}{m^2}$ $\quad Com4 = 179.545 \ psf$

$$combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \\ Com3 \\ Com4 \end{bmatrix} \qquad Wu := max(combinaciones) = 8845.095 \ \frac{N}{m^2}$$

Carga de diseño:

$$Wu = 8845.095 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Wu = 184.734 \ psf$$

Área tributaria:

$Lv2 := 1 \ m$ $\quad anchotv2 := 1.0 \ m$

$At := Lv2 \cdot anchotv2 = 1 \ m^2$ $\quad At = 10.764 \ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 :=$ if $Kll \cdot At < 400 \ ft^2$
"No se acepta reducción de carga viva"
else
"Se acepta reducción de carga viva "

$chequeo1 =$ "No se acepta reducción de carga viva"

Corte y momento máximo:

$Wtrib := Wu \cdot anchotv2$ $\quad Wtrib = 8845.095 \ \frac{N}{m}$

Por el principio de superposición para obtener los esfuerzos máximos se suman los de la carga distribuida más los de la carga puntual.

$Vmax := \frac{Wtrib \cdot Lv2}{2} = 4422.547 \ N$ $\quad Rmax := Vmax = 4422.547 \ N$

$Mmax := \frac{Wtrib \cdot Lv2^2}{10} = 884.509 \ m \cdot N$ Debido a la continuidad de la viga secundaria.

Cargas distribuidas muerta (Wdl), viva (Wll) y viento (Wwl):

$Wdl := DL \cdot anchotv2 = 6929.885 \ \frac{N}{m}$

$Wll := LL \cdot anchotv2 = 1915.21 \ \frac{N}{m}$

$Wwl := WL \cdot anchotv2 = 307.152 \ \frac{N}{m}$

Chequeo esfuerzo flexionante:

$Fb := 2850 \ psi = 19650058.286 \ \frac{N}{m^2}$ De la tabla 4B de NDS 2005.

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$Sxxreq´ := \frac{Mmax}{Fb} = 45.013 \ cm^3$ $\quad Sxxreq´ = 2.747 \ in^3$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido y el catálogo de madera lignum se selecciona la sección de la viga secundaria.

$b´ := 2\ in$ $d´ := 4\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b´ - cep = 1.5\ in$ $b = 3.81\ cm$

$d := d´ - cep = 3.5\ in$ $d = 8.89\ cm$

$Sxxsecc := 3.063\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 50.194\ cm^3$

$chequeo2 := \text{if } Sxxreq´ < Sxxsecc \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 5.25\ in^2$ Tabla 1B NDS 2005

$Ixx := 5.359\ in^4$

De la tabla 4B NDS 2005, se obtiene:

Factor de flexión:

$Fb = 2850\ psi$ $Fb = 19650058.286\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 565\ psi$ $Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión paralelo a la fibra:

$Fc := 2100\ psi$ $Fc = 14478990.316\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $\quad E = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$

$Emin := 660000\ psi$ $\quad Emin = 4550539813.491\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por flexión:

Factor de estabilidad de la viga:

$CL := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de tamaño:

$CF := 1.5$ Tabla 4A NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de miembos repetitivos:

$Cr := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de uso plano:

$Cfu := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste.

$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$

$Fb' = 21615064.114 \ \frac{N}{m^2}$ $Fb' = 3135 \ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 17621965.661 \ \frac{N}{m^2}$ $fb = 2555.85 \ psi$

$Chequeoflexion := \text{if } fb < Fb' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$

$Chequeoflexion = \text{“OK”}$

Chequeo tensión cortante:

$Vmax = 4422.547 \ N$ $Vmax = 994.228 \ lbf$

$Aprov = 33.871 \ cm^2$ $Aprov = 5.25 \ in^2$

Se calcula la tensión cortante real:

$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 1958560.647 \ \frac{N}{m^2}$

Con el Fv obtenido de las tabla 4B se multiplica por los factores de corrección C para encontrar la tensión cortante permisible.

$Fv = 1206582.526 \ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$Fb' = 21615064.114 \ \frac{N}{m^2}$ $Fb' = 3135 \ psi$

$ChequeoTcortante := \text{if } fb < Fb'$
$\quad \| \ \text{“OK”}$
else
$\quad \| \ \text{“NO OK”}$

$ChequeoTcortante = \text{“OK”}$

Chequeo de deflexión:

Se obtiene el el módulo de flexión de elasticidad permitido multipilicando el módulo de elasticidad por los factores C de correción.

$E = 1800000 \ psi$ $E = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E' = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000 \ psi$

Se da entonces el momemto de inercia en su eje fuerte y la carga muerta y viva uniformemente distribuida.

$Ixx = 223.058 \ cm^4$ $Ixx = 5.359 \ in^4$

$Wdl = 6929.885 \ \frac{N}{m}$ $Wll = 1915.21 \ \frac{N}{m}$

Límite de deflexión de la viga secundaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv2}{360}$

$limdefLL = 0.003 \ m$ $limdefLL = 0.109 \ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL + \Delta WL$$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv2}{240}$

$limdefTL = 0.004\ m$ $limdefTL = 0.164\ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$$\Delta DL := \frac{5 \cdot Wdl \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta DL = 0.003\ m$ $\Delta DL = 0.128\ in$

La deflexión por la carga viva es:

$$\Delta LL := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta LL = 0.001\ m$ $\Delta LL = 0.035\ in$

La deflexión por la carga de viento es:

$$\Delta WL := \frac{5 \cdot Wwl \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta WL = 0.014\ cm$ $\Delta WL = 0.006\ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL + \Delta WL$

$\Delta TL = 0.268\ cm$ $\Delta TL = 0.105\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \;\|\; \text{“OK”} \;\text{else}\; \|\; \text{“NO OK”}$$

$$ChequeodefLL = \text{“OK”}$$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \;\|\; \text{“OK”} \;\text{else}\; \|\; \text{“NO OK”}$$

$$ChequeodefTL = \text{“OK”}$$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$$Ireq1 := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lv2^3}{384 \cdot E'} \cdot 360 = 72.338\ cm^4 \qquad Ireq1 = 1.738\ in^4$$

$$Ireq2 := \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdl + Wll + Wwl) \cdot Lv2^3}{384 \cdot E'} \cdot 240$$

$$Ireq2 = 3.441\ in^4$$

$$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix} \qquad Ireq' := max(Ireq)$$

$$Ireq' = 143.207\ cm^4 \qquad Ireq' = 3.441\ in^4$$

Este debe ser menor al momento de inercia de nuestra sección.

$$Ixx = 223.058\ cm^4 \qquad Ixx = 5.359\ in^4$$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \text{if } Ireq' < Ixx \;\|\; \text{“OK”} \;\text{else}\; \|\; \text{“NO OK”}$$

$$ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.

Se da la reacción máxima en los apoyos y el grosor final de la sección a utilizar:

$Rmax = 4422.547\ N$ $b = 1.5\ in$

Se calcula el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras permitido multiplicando el factor de compresión perpendicular a las fibras por los factores C de ajustes.

$$Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$$

Factores C de ajustes para compresión perpendicular a las fibras:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp´ := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.871 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Fcp´ = 565 \ psi$$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req´ := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp´}$$

$$Lb.req´ = 0.03 \ m \qquad Lb.req´ = 1.173 \ in$$

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 2"X4" para las vigas secundarias de techo.

VIGA PRIMARIA

$\rho.madera := 560\ \frac{kg}{m^3} = 34.96\ \frac{lb}{ft^3}$ Densidad madera seca obtenida de:

Información técnica madera Lignum.

Se asume peso propio de la viga:

$Wppsup := 90\ \frac{m}{s^2}\ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 133.935\ \frac{N}{m}$

Cargas que vienen de viga secundarias:

$Wcalentador = 111.484\ psf$

$DL := pesopropio + instalaciones + techo + pesopanel$

$DL = 33.25\ psf$ $DL = 1592.019\ \frac{N}{m^2}$

$LL = 40\ psf$ $LL = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

$WL = 6.415\ psf$ $WL = 307.152\ \frac{N}{m^2}$

Largo tributario viga secundaria: $Lv2 := 0.5\ m$ $Lv2 = 1.64\ ft$

Ancho tributario vigas secundarias: $anchotv2 = 1\ m$ $anchotv2 = 3.281\ ft$

Largo viga primaria: $Lv1 := 8\ m$ $Lv1 = 26.247\ ft$

Carga puntual en todas las vigas:

$Pdl := DL \cdot anchotv2 \cdot Lv2 = 796.009\ N$ $Pdl = 1754.9\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Pll := LL \cdot anchotv2 \cdot Lv2 = 957.605\ N$ $Pll = 2111.158\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Pwl := Wwl \cdot Lv2 = 153.576\ N$ $Pwl = 338.577\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

Carga puntual sólo en viga que soporta el calentador (central)

$Pcs := Wcalentador \cdot anchotv2 \cdot Lv2 = 2668.933\ N$ $Pcs = 600\ lbf$

Carga distribuida:

$Wdis := Wppsup = 133.935 \ \frac{N}{m}$ $\quad Wdis = 90 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := Pdl = 796.009 \ N$ $\quad Com1 = 1754.9 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com2 := Pdl + Pll = 1753.614 \ N$ $\quad Com2 = 3866.058 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com3 := Pdl + Pwl = 949.585 \ N$ $\quad Com3 = 2093.477 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com4 := Pdl + .75 \cdot Pll + .75 \cdot Pwl = 1629.395 \ N$ $\quad Com4 = 3592.201 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \\ Com3 \\ Com4 \end{bmatrix}$ $\quad Pu := max(combinaciones) = 1753.614 \ N$

$Pu = 394.228 \ lbf$

Carga de diseño:

$Pu = 1753.614 \ N$ + $Wdis = 133.935 \ \frac{N}{m}$ + $Pcs = 2668.933 \ N$

$Pu = 3866.058 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$ + $Wdis = 90 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$ + $Pcs = 600 \ lbf$

Ancho tributario: $\quad anchotv1 := 1 \ m$ $\quad anchotv1 = 3.281 \ ft$

Área tributaria: $\quad At := anchotv1 \cdot Lv1$

$At = 8 \ m^2$ $\quad At = 86.111 \ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400 \ ft^2$
$\quad \| \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$
else
$\quad \| \text{“Se acepta reducción de carga viva ”}$

$chequeo1 = \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$

Se calculan los efectos de la carga sobre la viga:

Corte máximo:

$$Vmax := \frac{9 \cdot Pu}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv1}{2} + \frac{Pcs}{2} = 9761.471\ N$$

Reacción máxima:

$$Rmax := Vmax = 9761.471\ N$$

Momento máximo:

$$Mmax := \frac{7 \cdot Pu \cdot Lv1}{16} + \frac{Wdis \cdot Lv1^2}{8} + \frac{Pcs \cdot Lv1}{4} = 12546.995\ m \cdot N$$

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$$Sxxreq' := \frac{Mmax}{Fb} = 638.522\ cm^3 \qquad Sxxreq' = 38.965\ in^3$$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido y el catálogo de madera lignum se selecciona la sección de la viga secundaria.

$b' := 4\ in$ $\quad d' := 10\ in$ $\quad cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 3.5\ in$ $\quad b = 8.89\ cm$

$d := d' - cep \cdot 1.5 = 9.25\ in$ $\quad d = 23.495\ cm$

$Sxxsecc := 49.91\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 817.878\ cm^3$

$$chequeo2 := \text{if } Sxxreq' < Sxxsecc \text{ } \| \text{ “OK” } \text{ else } \| \text{ “NO OK”}$$

$chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 32.375\ in^2$ Tabla 1B NDS 2005

$Ixx := 230.8\ in^4$

De la tabla 4B NSD 2005 se obtienen:

Factor de flexión:

$Fb = 2850\ psi$ $Fb = 19650058.286\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 565\ psi$ $Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $E = 12410563127.703\ \frac{N}{m^2}$

$Emin := 660000\ psi$ $Emin = 4550539813.491\ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por flexión:

Factor de estabilidad de la viga:

$CL := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de tamaño:

$CF := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de miembos repetitivos:

$Cr := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de longitud de apoyo:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de uso plano:

$Cfu := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste.

$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$

$Fb' = 21615064.114 \ \frac{N}{m^2}$ $Fb' = 3135 \ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 15340905.475 \ \frac{N}{m^2}$ $fb = 2225.01 \ psi$

$Chequeoflexion := \text{if } fb < Fb' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$

$Chequeoflexion = \text{“OK”}$

Chequeo tensión cortante:

$Vmax = 9761.471\ N$ $Vmax = 2194.466\ lbf$

$Aprov = 208.871\ cm^2$ $Aprov = 32.375\ in^2$

Se calcula la tensión cortante real:

$$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 701018.216\ \frac{N}{m^2} \qquad fv = 14641.07\ psf$$

Con el Fv obtenido de las tabla 4B se multiplica por los factores de corrección C para encontrar la tensión cortante permisible.

$$Fv = 1206582.526\ \frac{N}{m^2} \qquad Fv = 25200\ psf$$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$Fv' = 1206582.526 \ \frac{N}{m^2}$ $\qquad$ $Fv' = 25200 \ psf$

$ChequeoTcortante := \text{if } fv < Fv'$
$\quad \| \ \text{“OK”}$
else
$\quad \| \ \text{“NO OK”}$

$ChequeoTcortante = \text{“OK”}$

Chequeo de deflexión:

Se obtiene el el módulo de flexión de elasticidad permitido multipilicando el módulo de elasticidad por los factores C de correción.

$E = 1800000 \ psi$ $\qquad$ $E = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$

Factores C de ajustes para chequeo por tensión cortante:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Entonces:

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E' = 12410563127.703 \ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000 \ psi$

Se da entonces el momemto de inercia en su eje fuerte y la carga muerta y viva uniformemente distribuida.

$Ixx = 9606.621 \ cm^4$ $Ixx = 230.8 \ in^4$

$Pdl = 796.009 \ N$ $Pwl = 153.576 \ N$

$Pll = 957.605 \ N$ $Wdis = 133.935 \ \frac{N}{m}$

Límite de deflexión de la viga primaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv1}{369}$

$limdefLL = 0.022 \ m$ $limdefLL = 0.854 \ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia)

$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL + \Delta WL$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv1}{240}$

$limdefTL = 0.033 \ m$ $limdefTL = 1.312 \ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$$\Delta DL := \frac{12.664 \cdot Pdl \cdot Lv1^3}{980 \cdot E' \cdot Ixx} + \frac{5 \ Wdis \cdot Lv1^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx} + \frac{Pcs \cdot Lv1^3}{48 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta DL = 0.034 \ m$ $\Delta DL = 1.35 \ in$

La deflexión por la carga viva es:

$$\Delta LL := \frac{12.664 \cdot Pll \cdot Lv1^3}{980 \cdot E' \cdot Ixx}$$

La deflexión por la carga de viento es:

$$\Delta WL := \frac{12.664 \cdot Pwl \cdot Lv1^3}{980 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta WL = 0.001\ m$ $\Delta WL = 0.034\ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL + \Delta WL$

$\Delta TL = 0.023\ m$ $\Delta TL = 0.918\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$ChequeodefLL :=$ if $\Delta LL < limdefLL$ "OK" else "NO OK"

$ChequeodefLL = \text{“OK”}$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$ChequeodefTL :=$ if $\Delta TL < limdefTL$ "OK" else "NO OK"

$ChequeodefTL = \text{“OK”}$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$$Ireq1 := \frac{12.664 \cdot Pll \cdot Lv1^2}{980 \cdot E'} \cdot 360 = 2297.324\ cm^4 \qquad Ireq1 = 55.193\ in^4$$

$$Ireq2.1 := \left(\frac{12.664 \cdot (kfluencia \cdot Pdl + Pll + Pwl) \cdot Lv1^2}{980 \cdot E'} + \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdis) \cdot Lv1^3}{384 \cdot E'} \right) \cdot 240$$

$$Ireq2.2 := \frac{kfluencia \cdot Pcs \cdot Lv1^2}{48\ E'} \cdot 240 \qquad Ireq2 := Ireq2.1 + Ireq2.2$$

$$Ireq2 = 6717.935\ cm^4 \qquad Ireq2 = 161.399\ in^4$$

$$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix} \qquad Ireq' := max(Ireq)$$

$$Ireq' = 6717.935\ cm^4 \qquad Ireq' = 161.399\ in^4$$

Éste debe ser menor al momento de inciercia de nuestra sección.

$$Ixx = 9606.621\ cm^4 \qquad Ixx = 230.8\ in^4$$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \text{if } Ireq' < Ixx \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$$

$$ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras

Se da la reacción máxima en los apoyos y el grosor final de la sección a utilizar:

$$Rmax = 9761.471\ N \qquad b = 3.5\ in$$

Se calcula el esfuerzo de comrpesión perpendicular a las fibras permitido multiplicando el factor de compresión perpendicular a las fibras por los factores C de ajustes.

$$Fcp = 3895537.871\ \frac{N}{m^2} \qquad Fcp = 81360\ psf$$

Factores C de ajustes para compresión perpendicular a las fibras:

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp' := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.871 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Fcp' = 565 \ psi$$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req' := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp'}$$

$Lb.req' = 0.028 \ m$ $Lb.req' = 1.11 \ in$

Chequeo del peso propio asumido:

Densidad de la madera utilizada:

$\rho.madera = 560\ \frac{kg}{m^3}$ $\rho.madera = 34.96\ \frac{lb}{ft^3}$

Peso propio asumido:

$Wppsup := 90\ \frac{m}{s^2}\ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 133.935\ \frac{N}{m}$

Sección seleccionada:

$b' = 4\ in$ X $d' = 10\ in$

$b = 3.5\ in$ X $d = 9.25\ in$

Peso propio real:

$ppreal := (b \cdot d) \cdot \left(\rho.madera + .19 \cdot 1000\ \frac{kg}{m^3}\right) = 10.527\ \frac{lb}{ft}$ $ppreal = 15.665\ \frac{kg}{m}$

Debido a que el peso asumido es mayor al peso real, el peso asumido es aceptable.

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 4"X10" para las primarias de techo.

Deck de techo

Distancia entre armadura de piso:

$Ld := 1\ m$ $\quad Ld = 3.28\ ft$

Integración de cargas:

Carga muerta (DL):

$instalaciones := 4\ psf$ $\quad instalaciones = 191.52\ \frac{N}{m^2}$

$pesopropio := 16\ psf$ $\quad pesopropio = 766.08\ \frac{N}{m^2}$

$tabicaciones := 15\ psf$ $\quad tabicaciones = 718.2\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + instalaciones + tabicaciones$

$DL = 35\ psf$ $\quad DL = 1675.81\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva (LL):

$LL := 40\ psf$ $\quad LL = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Carga de viento:

Basándose en AGIES NSE 2-10 se le da un nivel de exposición B, que en nuestro caso tenemos bosques o irregularidades superficiales que cubren por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.5km o más desde el lugar.

Se calcula la presión de diseño de viento con ayuda de la siguiente fórmula:

$P = Ce \cdot Cq \cdot Qs \cdot I$

Donde:

$Ce := .72$ Coeficiente de exposición obtenido de tabla 5-1 AGIES NSE 2-10

$Cq1 := 0.9$ $Cq2 := 0.7$ $Cq3 := 0.8$ $Cq4 := 0.4$

Coeficiente de presión obtenido de la tabla 5-2 AGIES NSE 2-10

$Qs := 474 \frac{N}{m^2}$ Presión de remanso del viento obtenido de la tabla 5-3 AGIES NSE 2-10

$I := 1$ Factor de importancia es uno debido a no ser una obra esencial (AGIES NSE 2-10)

$P1 := Ce \cdot Cq1 \cdot Qs \cdot I = 307.15 \frac{N}{m^2}$ $P1 = 6.42\ psf$

$P2 := Ce \cdot Cq2 \cdot Qs \cdot I = 238.9 \frac{N}{m^2}$ $P2 = 4.99\ psf$

$P3 := Ce \cdot Cq3 \cdot Qs \cdot I = 273.02 \frac{N}{m^2}$ $P3 = 5.7\ psf$

$P4 := Ce \cdot Cq4 \cdot Qs \cdot I = 136.51 \frac{N}{m^2}$ $P4 = 2.85\ psf$

Total presión de viento:

$WL := max(P1, P2, P3, P4) = 307.15 \frac{N}{m^2}$ $WL = 6.42\ psf$

Combinaciones de carga:

Debido a que la carga de los paneles solares es pequeña se realizará la combinación de carga combinando el peso de los paneles solares más la puntual del calentador solar.

$Com1 := DL = 1675.81 \frac{N}{m^2}$ $Com1 = 35\ psf$

$Com2 := DL + LL = 3591.02 \frac{N}{m^2}$ $Com2 = 75\ psf$

$Com3 := DL + WL = 1982.96 \frac{N}{m^2}$ $Com3 = 41.42\ psf$

$Com4 := DL + .75 \cdot LL + .75 \cdot WL = 3342.58 \frac{N}{m^2}$ $Com4 = 69.81\ psf$

$combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \\ Com3 \\ Com4 \end{bmatrix}$ $Wu := max(combinaciones) = 3591.02 \frac{N}{m^2}$

$Wu = 3591.02 \ \frac{N}{m^2}$ $Wu = 75 \ psf$

Se asume una una duela deck que se apoya en un tramo sencillo.

Duela seleccionada: 2"X6" $cep := 0.5 \ in$

$b' := 2 \ in$ $d' := 6 \ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5 \ in$ $b = 3.81 \ cm$

$d := d' - cep = 5.5 \ in$ $d = 13.97 \ cm$

Con las propiedades de la duela y el espaciamiento entre apoyos se obtienen las propiedades de la sección del deck:

$Axxduela := 8.25 \ in^2$ $Axxduela = 53.23 \ cm^2$

$Syyduela := 2.063 \ in^3$ $Syyduela = 33.81 \ cm^3$

$Iyyduela := 1.547 \ in^4$ $Iyyduela = 64.39 \ cm^4$

Entonces se obtienen las propiedades por el ancho en un pie del deck :

$Axx := Axxduela \cdot \left(1 \ \frac{ft}{d}\right) = 18 \ in^2$ $Axx = 116.13 \ cm^2$

$Syy := Syyduela \cdot \left(1 \ \frac{ft}{d}\right) = 4.5 \ in^3$ $Syy = 73.76 \ cm^3$

$Iyy := Iyyduela \cdot \left(1 \ \frac{ft}{d}\right) = 3.38 \ in^4$ $Iyy = 140.49 \ cm^4$

Se calcula el momento máximo:

$Mmax' := \frac{Wu \cdot Ld^2}{8}$

$Mmax := Mmax' \cdot 1 \ ft = 100.91 \ lbf \cdot ft$

(Por el ancho en un pie del deck)

De la tabla de 4E de NDS 2005 se obtienen los valores de esfuerzo de la sección del deck y sus factores de ajuste C

Esfuerzo de flexión con el factor de ajuste de miembro repetitivo:

$FbCr := 1300\ psi$

Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 375\ psi$

Módulo de elasticidad:

$E := 1600000\ psi$

Factor de tamaño:

$CF := 1.10$

Factor de incisión:

$Ci := 1$

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$

Factor de humedad:

$CM := 1$

Factor de temperatura:

$Ct := 1$

Factor de estabilidad:

$CL := 1$

Se calculan los esfuerzos admisibles:

$Fb' := FbCr \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot CF \cdot Ci = 1430\ psi$

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci = 1600000\ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión sobre el eje débil y-y:

$$fby := \frac{Mmax}{Syy} = 269.03\ psi$$

Por lo tanto se compara con el esfuerzo de flexión admisible:

if $fby < Fb'$ $= \text{“OK”}$
  “OK”
else
  “NO OK”

Se realiza el chequeo por deflexión:

$Dl := DL \cdot ft = 35 \ \frac{lbf}{ft}$ $\quad Dl = 2.92 \ \frac{lbf}{in}$

(Por el ancho en un pie del deck)

$Ll := LL \cdot ft = 40 \ \frac{lbf}{ft}$ $\quad Ll = 3.33 \ \frac{lbf}{in}$

La deflexión de la carga muerta:

$\Delta Dl := \frac{5 \cdot Dl \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.02 \ in$

Factor K de fluencia:

$kfluencia := .5$

La deflexión de la carga viva:

$\Delta Ll := \frac{5 \cdot Ll \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.02 \ in$

La deflexión de la carga total incremental a largo plazo:

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta Dl + \Delta Ll = 0.03 \ in$

Se chequea para la carga viva y la incremental a largo plazo:

$\text{if } \Delta Ll < \frac{Ld}{360} \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”} = \text{“OK”}$

$\text{if } \Delta TL < \frac{Ld}{240} \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”} = \text{“OK”}$

Columnas casa (Pines en muro)

Cargas de diseño:

Viene de techo:

$Ptecho := 9761.471\ N + 8427.004\ N$

$Ptecho = 18188.475\ N$

$Ptecho = 4088.932\ lbf$

Viene de entrepiso:

$Pentrepiso := (5608.782) \cdot 2\ N$

$Pentrepiso = 11217.564\ N$

$Pentrepiso = 2521.809\ lbf$

Carga total:

$Pu := Ptecho + Pentrepiso = 29406.039\ N$

$Pu = 6610.741\ lbf$

Longitud columna:

$Lcol := 2.6\ m$ $Lcol = 8.53\ ft$

Se asume una sección de columna:

Se escoge la sección 4"X4" donde:

$dx' := 4\ in$ $dy' := 4\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$dx := dx' - cep = 3.5\ in$ $dx = 8.89\ cm$

$dy := dy' - cep = 3.5\ in$ $dy = 8.89\ cm$

Área de la sección:

$Acol := dx \cdot dy = 12.25\ in^2$ $Acol = 79.032\ cm^2$

De la tabla 4B NSD 2005 se obtienen:

Factor de compresión paralelo a la fibra:

$Fc := 2100\ psi$ $Fc = 14478990.316\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad máximo y mínimo:

$E := 1800000\ psi$ $Emin := 660000\ psi$

Factores C de ajustes:

Factor de tamaño:

$CF := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de longitud efectiva Ke:

$Ke := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5: Debido a que para las construcciones de madera se asume que ambos extremos se encuentran pineados.

Largo efectivo:

$Le := Lcol \cdot Ke = 2.6\ m$ $Le = 8.53\ ft$

Factor de interacción:

$ci := 0.8$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5: el factor es 0.8 para madera aserrada.

Chequeo de esbeltez:

Relación de esbeltez max: $r.esbmax := 50$

La relación de esbeltez tanto en el eje X-X como en el eje Y-Y se da por:

$Rxx := \frac{Le}{dx} = 29.246$ $Ryy := \frac{Le}{dy} = 29.246$

if $Rxx < r.esbmax$ "OK" else "NO OK" $=$ "OK"

if $Ryy < r.esbmax$ "OK" else "NO OK" $=$ "OK"

Se calcula el módulo de elasticidad permisible para lo cálculos de pandeo:

$E´min := Emin \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E´min = \left(4.551 \cdot 10^{9}\right) \frac{N}{m^2}$ $E´min = 660000\ psi$

Se calcula el esfuerzo crítico de pandeo de Euler de la siguiente forma:

$FcE := \frac{0.822\ E´min}{\left(\frac{Le}{dx}\right)^2} = 4373121.684 \frac{N}{m^2}$ $FcE = 634.268\ psi$

$Fc´´ := Fc \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CF \cdot Ci = 15926889.347 \frac{N}{m^2}$

$Fc´´ = 2310\ psi$

Se hace una relación entre los valores obtenidos para el cálculo del factor de estabilidad:

$Rfcefc´´ := \frac{FcE}{Fc´´} = 0.275$

Se calcula el factor de estabilidad Cp:

Ecuación 5.21: Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5

$$Cp := \frac{1 + Rfcefc''}{2 \cdot ci} - \sqrt[2]{\left(\frac{1 + Rfcefc''}{2 \cdot ci}\right)^2 - \frac{Rfcefc''}{ci}}$$

$Cp = 0.257$

Por lo tanto el esfuerzo de compresión admisible es:

$Fc' := Fc'' \cdot Cp = 409.041 \ \frac{N}{cm^2}$ $\qquad$ $Fc' = 593.264 \ psi$

Con el se calcula la capacidad de carga de compresión admisible de la columna.

$Padm := Fc' \cdot Acol = 32327.381 \ N$ $\qquad$ $Padm = 7267.484 \ lbf$

Chequeo compresión:

Se compara la carga admisible con la que recibe la columna.

$$Chequeo := \begin{cases} \text{if } Pu < Padm \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases}$$

Demanda capacidad:

$$D.C := \frac{Pu}{Padm} = 0.91$$

$Chequeo = \text{“OK”}$

Dinteles

Cargas que soporta:

Carga muerta (DL):

$pesopropio := 12\ psf$ $\quad pesopropio = 574.563\ \frac{N}{m^2}$

$instalaciones := 4\ psf$ $\quad instalaciones = 191.521\ \frac{N}{m^2}$

$piso := 16\ psf$ $\quad piso = 766.084\ \frac{N}{m^2}$

$tabicaciones := 15\ psf$ $\quad tabicaciones = 718.204\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + instalaciones + piso + tabicaciones$

$DL = 47\ psf$ $\quad DL = 2250.372\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva (LL):

$LL := 40\ psf$ $\quad LL = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Se asumen condiciones normales de temperatura y humedad con un factor C de ajuste de estabilidad de:

$CL := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

De la tabla 4B NDS 2005, se obtiene:

Factor de flexión:

$Fb := 2850\ psi$ $Fb = \left(1.965 \cdot 10^{7}\right)\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = \left(1.207 \cdot 10^{6}\right)\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $E = \left(1.241 \cdot 10^{10}\right)\ \frac{N}{m^2}$

Se calcula el momento máximo en el dintel:

Largo del dintel:

$Ld := 1\ m$ $Ld = 3.281\ ft$

Ancho triburario del dintel:

$anchotd := 1\ m$ $anchotd = 3.281\ ft$

Cargas distribuidas:

$Wdl := DL \cdot anchotd = 2250.372\ \frac{N}{m}$ $Wdl = 154.199\ \frac{lbf}{ft}$

$Wll := LL \cdot anchotd = 1915.21\ \frac{N}{m}$ $Wll = 131.234\ \frac{lbf}{ft}$

Combinación de carga:

$Com1 := Wdl = 2250.372\ \frac{N}{m}$ $Com1 = 47\ m \cdot psf$

$Com2 := Wdl + Wll = 4165.583\ \frac{N}{m}$ $Com2 = 87\ m \cdot psf$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $Wt := \max\left(Combinaciones\right)$

$Wt = 4165.583\ \frac{N}{m}$ $Wt = 285.433\ \frac{lbf}{ft}$

Se calcula el momento y corte máximo:

$Mmax := \frac{Wt \cdot Ld^2}{8}$ $Vmax := \frac{Wt \cdot Ld}{2}$

$Mmax = 520.698\ N \cdot m$ $Vmax = 2082.791\ N$

$Mmax = 384.047\ lbf \cdot ft$ $Vmax = 468.23\ lbf$

Ya con el momento y el corte máximo calculados se determinan las propiedades con las que debe cumplir la sección:

Módulo de sección requerido:

$Sreq'd := \frac{Mmax}{Fb}$

$Sreq'd = 26.499\ cm^3$

$Sreq'd = 1.617\ in^3$

Área de sección requerida:

$Areq'd := \frac{1.5\ Vmax}{Fv}$

$Areq'd = 25.893\ cm^2$

$Areq'd = 4.013\ in^2$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección y área requeridos, se elige la sección de la viga secundaria.

$b' := 2\ in$ $d' := 4\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5\ in$ $b = 3.81\ cm$

$d := d' - cep = 3.5\ in$ $d = 8.89\ cm$

$Sxxd := 3.063\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005 $Ad := b \cdot d = 5.25\ in^2$

$Sxxd = 50.194\ cm^3$ $Ad = 33.871\ cm^2$

if $Sreq'd < Sxxd$ $= "OK"$
  $"OK"$
else
  $"NO\ OK"$

if $Areq'd < Ad$ $= "OK"$
  $"OK"$
else
  $"NO\ OK"$

Momento de inercia: $Ix := 5.359\ in^4$

Se realiza un chequeo de deflexión por carga viva:

Deflexión máxima:

$$\Delta L := \frac{5\ Wt \cdot Ld^4}{384 \cdot E \cdot Ix}$$

$\Delta L = 0.196\ cm$

$\Delta L = 0.077\ in$

Deflexión admisible:

$$\Delta adm := \frac{Ld}{360}$$

$\Delta adm = 0.278\ cm$

$\Delta adm = 0.109\ in$

$$\begin{array}{l} \text{if } \Delta L < \Delta adm \\ \quad \| \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \| \text{“NO OK”} \end{array} = \text{“OK”}$$

Cálculo de carga sísmica método estático

ASCE 7-10 capítulo 11, empieza el diseño sísmico hasta el 18.
AGIES 2010 NSE-2

Paso 1	Determinar el tipo de suelo		
	suelo	D	AGIES Tabla 4-4

Paso 2	Parámetros de aceleración del sitio			Ubicación
				Santa Elena Barillas
	Ss =	1.65	g	
	S1 =	0.6	g	Mapa de AGIES o Tabla al final pag. 70

Paso 3	Coeficientes Fa yFb	ASCE capítulo 11 table 11.4-1
	Fa =	1
	Fb =	1.5

Paso 4	Encontrar los valores de aceleración de diseño
	(excedencia de 2% en 50 años)
	Sms = 1.65
	Sm1 = 0.9

Paso 5	Convertir a parámetros de diseño
	Sds = 1.1
	Sd1 = 0.6

Paso 6	Categoría de diseño sísmico		
	Categoría	III	Capitulo 1 ASCE table 1.5-1
	CDS =	D	Categoría de diseño Tabla 11.6-1,-2

Razón de categoría
se clasifica III debido a que es una residencia

Paso 7	Integración de la carga sísmica		Tabla 12.2-1
	X	B22. Marco liviano (madera) con paneles estructurales	
	Y	B22. Marco liviano (madera) con paneles estructurales	

tipo	R	Omega.0	C.d
SFRS	7	2.5	4.5
SFRS	7	2.5	4.5

Paso 8	Dirección del corte Basal	
	Método estático del diseño sísmico	
	Vb = Cs W	W = peso sísmico efectivo de la estructura
		Vb = corte basal
		Cs = Coeficiente

Dirección X

Vbx =	49.00		
Cs =	0.1964	Ecuación 12.8-2	
Ws =	107.21		

Sds	1.1		
R	7		
Ie	1.25	tabla 1.5-2 ASCE	

Determinación del Periodo (Ecuación 12.8-2)			
Ta= Ct hn^x=		0.17	s
Ct	0.02		
hn	17		ft
x	0.75		

TL =	8	s	
Limite	Cs.max =	0.46	

Parámetro adicional para subir la aceleración			
Cu =	1.4		
T = Cu Ta	0.23		s

Dirección y

Vby =	49.00		
Cs =	0.1964		
Ws =	107.21		

Sds	1.1		
R	7		
Ie	1.25		

* Limites 12.8-3,-4

Determinación del periodo (Ecuación 12.8-1)			
Ta= Ct hn^x=		0.17	s
Ct	0.02		
hn	17		ft
x	0.75		

TL =	8	s	
Limite	Cs.max =	0.46	

Parámetro adicional para subir la aceleración			
Cu =	1.4		
T = Cu Ta	0.23		s

Paso 9	W Peso sísmico

Nivel	elemento	sección	área/long	w unit(psf/ lb/ft)	cantidad	W, kips	
TECHO	losa		840.00	35.00	1.00	29.40	92%
	viga sec	2"X6"	1.00	2.68	87.00	0.23	1%
	viga prim	4"X10"	8.00	12.80	10.00	1.02	3%
		4"X10"	5.00	12.80	7.00	0.45	1%
	columnas pines	4"X4"	4.25	5.20	46.00	1.02	3%
						32.12	***100%***

Nivel	elemento	sección	área/long	w unit(psf/ lb/ft)	cantidad	W, kips	
N2	losa		840.00	47.00	1.00	39.48	68%
	viga sec	2"x4"	1.00	1.70	87.00	0.15	0%
	viga prim	3"x10"	6.00	7.70	10.00	0.46	1%
		3"x10"	4.00	7.70	7.00	0.22	0%
	columnas pines	4"x4"	8.50	5.20	46.00	2.03	3%
	muros	panel madera	1063	15	1.00	15.95	27%
						58.28	***100%***

Cuadro resumen				
	DL	LL	DL + LL	
TECHO	32.12	33.60	40.52	kips
N2	58.28	33.60	66.68	kips
		Ws total	107.21	kips

Paso 10	Distribuir la carga sísmica

Dirección x

cantidad de masa por nivel								
Nivel	Wi, kips	hi, ft	hbase, ft	wi hi^k	Cv	Vnivel, kips	Vejes, kips	ejes por nivel
TECHO	40.52	8.50	17.00	472.87	53%	25.76	8.59	
N2	66.68	8.50	8.50	426.60	47%	23.24	7.75	3
			Suma	***899.47***	**100%**	**49.00**	16.33	
k	0.87							
T=	0.23	s						
T<0.5s	1							
T>2.5s	2							
k interpolado	0.87							

Dirección y

cantidad de masa por nivel								
Nivel	Wi, kips	hi, ft	hbase, ft	wi hi^k	Cv	Vnivel, kips	Vejes, kips	ejes por nivel
techo	40.52	8.50	17.00	472.87	53%	25.76	8.59	
N2	66.68	8.50	8.50	426.60	47%	23.24	7.75	3
			Suma	***899.47***	**100%**	**49.00**	**16.33**	
k	0.87							
T=	0.23	s						
T<0.5s	1							
T>2.5s	2							
k interpolado	0.87							

8.w3

MUROS DE CORTE:

Determinar que cumplan para ser usados como paneles a corte:

Elevación norte:

SW1: $h1 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w1 := 3.09\ m = 10.14\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h1}{w1} < 3.5 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheW = \text{"OK"}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h1}{w1} < 2 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheS = \text{"OK"}$

SW2: $h2 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w2 := 2\ m = 6.56\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h2}{w2} < 3.5 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheW = \text{"OK"}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h2}{w2} < 2 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheS = \text{"calcular factor de ajuste"}$

Factor de ajuste: $AjSW2 := \frac{2 \cdot w2}{h2} = 0.83$

SW3: $h3 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w3 := 2\ m = 6.56\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h3}{w3} < 3.5 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheW = \text{"OK"}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h3}{w3} < 2 \text{ "OK" else "calcular factor de ajuste"}$$

$cheS = \text{"calcular factor de ajuste"}$

Factor de ajuste: $AjSW3 := \frac{2 \cdot w3}{h3} = 0.83$

Elevación sur:

SW4: $h4 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w4 := 2\ m = 6.56\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h4}{w4} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h4}{w4} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“calcular factor de ajuste”}$

Factor de ajuste: $AjSW4 := \frac{2 \cdot w4}{h4} = 0.83$

SW5: $h5 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w5 := 3.18\ m = 10.43\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h5}{w5} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h5}{w5} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“OK”}$

SW6: $h6 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w6 := 2\ m = 6.56\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h6}{w6} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h6}{w6} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“calcular factor de ajuste”}$

Factor de ajuste: $AjSW6 := \frac{2 \cdot w6}{h6} = 0.83$

Elevación oeste:

SW7: $h7 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w7 := 1.5\ m = 4.92\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h7}{w7} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h7}{w7} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“calcular factor de ajuste”}$

Factor de ajuste: $AjSW7 := \frac{2 \cdot w7}{h7} = 0.63$

SW8: $h8 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w8 := 1.5\ m = 4.92\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h8}{w8} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h8}{w8} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“calcular factor de ajuste”}$

Factor de ajuste: $AjSW8 := \frac{2 \cdot w8}{h8} = 0.63$

SW9: $h9 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w9 := 6\ m = 19.69\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h9}{w9} < 3.5 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h9}{w9} < 2 \text{ “OK” else “calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“OK”}$

Elevación este:

SW10: $h10 := 4.8\ m = 15.75\ ft$ $w10 := 10\ m = 32.81\ ft$

Viento:

$$cheW := \text{if } \frac{h10}{w10} < 3.5 \text{ } \| \text{ } \text{“OK”} \text{ else } \| \text{ } \text{“calcular factor de ajuste”}$$

$cheW = \text{“OK”}$

Sismo

$$cheS := \text{if } \frac{h10}{w10} < 2 \text{ } \| \text{ } \text{“OK”} \text{ else } \| \text{ } \text{“calcular factor de ajuste”}$$

$cheS = \text{“OK”}$

Cargas que actuan sobre los muros:

Del cálculo de la carga sísmica (corte basal) vienen las siguientes cargas:

Eje x (Carga por eje)

$Ftx := 8.59\ kip = 38210.22\ N$

$F2x := 7.75\ kip = 34473.72\ N$

$Fts := max(Ftx, Ftx) = 38210.22\ N$

Eje y (Carga por eje)

$Fty := 8.59\ kip = 38210.22\ N$

$F2y := 7.75\ kip = 34473.72\ N$

$F2s := max(F2x, F2y) = 34473.72\ N$

Se igualan debido a que la magnitud es la misma en ambas direcciones.

Diseño carga de viento:

Carga de viento eje x:

Basándose en AGIES NSE 2-10 se le da un nivel de exposición B, que en nuestro caso tenemos bosques o irregularidades superficiales que cubren por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.5km o más desde el lugar.

Se calcula la presión de diseño de viento con ayuda de la siguiente fórmula:

$P = Ce \cdot Cq \cdot Qs \cdot I$

Donde:

$Ce := .72$ Coeficiente de exposición obtenido de tabla 5-1 AGIES NSE 2-10

$Cq1 := 0.7$ $Cq2 := 0.8$ $Cq3 := 0.5$

Coeficiente de presión obtenido de la tabla 5-2 AGIES NSE 2-10

$Qs := 474 \frac{N}{m^2}$ Presión de remanso del viento obtenido de la tabla 5-3 AGIES NSE 2-10

$I := 1$ Factor de importancia es uno debido a no ser una obra esencial (AGIES NSE 2-10)

$P1 := Ce \cdot Cq1 \cdot Qs \cdot I = 238.9 \frac{N}{m^2}$ $P1 = 4.99\ psf$

$P2 := Ce \cdot Cq2 \cdot Qs \cdot I = 273.02 \frac{N}{m^2}$ $P2 = 5.7\ psf$

$P3 := Ce \cdot Cq3 \cdot Qs \cdot I = 170.64 \frac{N}{m^2}$ $P3 = 3.56\ psf$

Total presión de viento:

$WLx := max(P1, P2, P3) = 273.02 \frac{N}{m^2}$ $WLx = 5.7\ psf$

Carga de viento eje y:

Basándose en AGIES NSE 2-10 se le da un nivel de exposición B, que en nuestro caso tenemos bosques o irregularidades superficiales que cubren por lo menos el 20% del área a nivel del suelo, extendiéndose 1.5km o más desde el lugar.

Se calcula la presión de diseño de viento con ayuda de la siguiente fórmula:

$P = Ce \cdot Cq \cdot Qs \cdot I$

Donde:

$Ce := .72$ Coeficiente de exposición obtenido de tabla 5-1 AGIES NSE 2-10

$Cq1 := 0.9$ $Cq2 := 0.3$ $Cq3 := 0.7$ $Cq4 := 0.8$ $Cq5 := 0.5$

Coeficiente de presión obtenido de la tabla 5-2 AGIES NSE 2-10

$Qs := 474 \ \frac{N}{m^2}$ Presión de remanso del viento obtenido de la tabla 5-3 AGIES NSE 2-10

$I := 1$ Factor de importancia es uno debido a no ser una obra esencial (AGIES NSE 2-10)

$P1 := Ce \cdot Cq1 \cdot Qs \cdot I = 307.15 \ \frac{N}{m^2}$ $P1 = 6.42 \ psf$

$P2 := Ce \cdot Cq2 \cdot Qs \cdot I = 102.38 \ \frac{N}{m^2}$ $P2 = 2.14 \ psf$

$P3 := Ce \cdot Cq3 \cdot Qs \cdot I = 238.9 \ \frac{N}{m^2}$ $P3 = 4.99 \ psf$

$P4 := Ce \cdot Cq4 \cdot Qs \cdot I = 273.02 \ \frac{N}{m^2}$ $P4 = 5.7 \ psf$

$P5 := Ce \cdot Cq5 \cdot Qs \cdot I = 170.64 \ \frac{N}{m^2}$ $P5 = 3.56 \ psf$

Total presión de viento:

$WLy := max(P1, P2, P3, P4, P5) = 307.15 \ \frac{N}{m^2}$ $WLy = 6.42 \ psf$

Cargas en plantas:

Cargas en techo:

$TDL := 33.25\ psf = 1592.02\ \frac{N}{m^2}$ $TLL := 40\ psf = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Cargas en entrepiso:

$EDL := 33.25\ psf = 1592.02\ \frac{N}{m^2}$ $ELL := 40\ psf = 1915.21\ \frac{N}{m^2}$

Carga muerta de panel:

$Wpp := 10\ psf = 478.8\ \frac{N}{m^2}$

Muros de diseño:

Eje x: SW3 Eje Y: SW7

Fuerza de viento por nivel:

$htecho := 1.25\ m = 4.1\ ft$ $wtx := 3\ m$ $wty := 4\ m$

Para muro 3 dirección x:

$Ftwsw3 := WLx \cdot \left(\frac{htecho}{2} + \frac{h3}{2}\right) \cdot wtx = 2477.69\ N$ $Ftwsw3 = 557.01\ lbf$

$F2wsw3 := WLx \cdot \left(\frac{h3}{2} + \frac{h3}{2}\right) \cdot wtx = 3931.55\ N$ $F2wsw3 = 883.85\ lbf$

Para muro 7 dirección y:

$Ftwsw7 := WLy \cdot \left(\frac{htecho}{2} + \frac{h7}{2}\right) \cdot wty = 3716.54\ N$ $Ftwsw7 = 835.51\ lbf$

$F2wsw7 := WLy \cdot \left(\frac{h7}{2} + \frac{h7}{2}\right) \cdot wty = 5897.32\ N$ $F2wsw7 = 1325.77\ lbf$

Fuerza de sismo por nivel para el muro calculando:

SW3 EJE X:

$$Ftssw3 := \left(\frac{w3}{w1+w2+w3+w4+w5+w6}\right) \cdot Fts = 5355.32\ \boldsymbol{N}$$

$$Ftssw3 = 1203.92\ \boldsymbol{lbf}$$

$$F2ssw3 := \left(\frac{w3}{w1+w2+w3+w4+w5+w6}\right) \cdot F2s = 4831.64\ \boldsymbol{N}$$

$$F2ssw3 = 1086.19\ \boldsymbol{lbf}$$

SW7 EJE Y:

$$Ftssw7 := \left(\frac{w7}{w7+w8+w9+w10}\right) \cdot Fts = 3016.6\ \boldsymbol{N}$$

$$Ftssw7 = 678.16\ \boldsymbol{lbf}$$

$$F2ssw7 := \left(\frac{w7}{w7+w8+w9+w10}\right) \cdot F2s = 2721.61\ \boldsymbol{N}$$

$$F2ssw7 = 611.84\ \boldsymbol{lbf}$$

Carga directa sobre el muro nivel de techo:

SW3 EJE X:

$$RDtsw3 := TDL \cdot \left(\frac{wtx}{2}\right) \cdot w3 = 4776.06\ \boldsymbol{N}$$

$$RLtsw3 := TLL \cdot \left(\frac{wtx}{2}\right) \cdot w3 = 5745.63\ \boldsymbol{N}$$

$$WDtsw3 := Wpp \cdot w3 \cdot \frac{h3}{2} = 2298.25\ \boldsymbol{N}$$

SW7 EJE Y:

$$RDtsw7 := TDL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m \right) \cdot w7 = 7164.08\ \boldsymbol{N}$$

$$RLtsw7 := TLL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m \right) \cdot w7 = 8618.45\ \boldsymbol{N}$$

$$WDtsw7 := Wpp \cdot w7 \cdot \frac{h7}{2} = 1723.69\ \boldsymbol{N}$$

Reacción de dinteles nivel de techo:

$$wdintel := 1\ \boldsymbol{m}$$

SW3 EJE X:

$$PDtsw3 := TDL \cdot \left(\frac{wtx}{2} \right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 1194.01\ \boldsymbol{N}$$

$$PLtsw3 := TLL \cdot \left(\frac{wtx}{2} \right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 1436.41\ \boldsymbol{N}$$

SW7 EJE Y:

$$PDtsw7 := TDL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m \right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 2388.03\ \boldsymbol{N}$$

$$PLtsw7 := TLL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m \right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 2872.82\ \boldsymbol{N}$$

Carga directa sobre el muro nivel de entrepiso:

SW3 EJE X:

$$RD2sw3 := EDL \cdot \left(\frac{wtx}{2} \right) \cdot w3 = 4776.06\ \boldsymbol{N}$$

$$RL2sw3 := ELL \cdot \left(\frac{wtx}{2} \right) \cdot w3 = 5745.63\ \boldsymbol{N}$$

$$WD2sw3 := Wpp \cdot w3 \cdot \frac{h3}{2} = 2298.25\ \boldsymbol{N}$$

SW7 EJE Y:

$$RD2sw7 := EDL \cdot \left(\frac{wty}{2}\right) \cdot w7 = 4776.06\ \boldsymbol{N}$$

$$RL2sw7 := ELL \cdot \left(\frac{wty}{2}\right) \cdot w7 = 5745.63\ \boldsymbol{N}$$

$$WDtsw7 := Wpp \cdot w7 \cdot \frac{h7}{2} = 1723.69\ \boldsymbol{N}$$

Reacción de dinteles nivel de entrepiso:

$$wdintel := 1\ \boldsymbol{m}$$

SW3 EJE X:

$$PD2sw3 := EDL \cdot \left(\frac{wtx}{2}\right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 1194.01\ \boldsymbol{N}$$

$$PL2sw3 := ELL \cdot \left(\frac{wtx}{2}\right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 1436.41\ \boldsymbol{N}$$

SW7 EJE Y:

$$PD2sw7 := EDL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m\right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 2388.03\ \boldsymbol{N}$$

$$PL2sw7 := ELL \cdot \left(\frac{wty}{2} + 1\ m\right) \cdot \frac{wdintel}{2} = 2872.82\ \boldsymbol{N}$$

Diseño del muro de corte SW3:

$$v2sw3 := \frac{Ftssw3}{w3} = 183.48\ \frac{lbf}{ft}$$

$$v1sw3 := \frac{Ftssw3 + F2ssw3}{w3} = 349.01\ \frac{lbf}{ft}$$

Diseño del muro de corte SW7:

$$v2sw7 := \frac{Ftssw7}{w7} = 137.8\ \frac{lbf}{ft}$$

$$v1sw7 := \frac{Ftssw3 + F2ssw7}{w3} = 276.72\ \frac{lbf}{ft} \qquad v1 := \max(v1sw3, v1sw7) = 349.01\ \frac{lbf}{ft}$$

Se seguirá analizando para el muro SW3 debido a que es el que se somente a la mayor fuerza de corte.

Se selecciona de la tabla de IBC 2306.4.1 el panel a utilizar. Se elige un panel de 15/32 pulgadas de grosor, grado estructural, con clavos 8d a cada 4 pulgadas en los bordes de paneles y a cada 12 pulgadas en el campo que cubre el panel.

$$vc := 430\ \frac{lbf}{ft}$$

* Esta capacidad no sufre cambios debido al tipo de madera.

Pero debido a que el perfil de este muro no cumple con la relación para trabajar en sismo, se debe multiplicar por el factor de ajuste calculado anteriormente.

$$vcap := vc \cdot AjSW3 = 358.33\ \frac{lbf}{ft}$$

Se compara el admisible obtenido con el corte de diseño:

$$\begin{array}{l|l} \text{if } v1 < vcap & = \text{“OK”} \\ \quad \| \text{“OK”} & \\ \text{else} & \\ \quad \| \text{“NO OK”} & \end{array}$$

Balcón

Costaneras:

Integración de cargas:

Carga muerta (DL):

$pesopropio := 2.5\ psf = 119.7\ \frac{N}{m^2}$

$piso := 16\ psf = 766.08\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + piso = 885.78\ \frac{N}{m^2}$

$DL = 18.5\ psf$

Carga viva (LL):

$LL := 1.5 \cdot 40\ psf = 2872.82\ \frac{N}{m^2}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := DL = 885.78\ \frac{N}{m^2}$

$Com1 = 18.5\ psf$

$Com2 := DL + LL = 3758.6\ \frac{N}{m^2}$

$Com2 = 78.5\ psf$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$

$Wu := \max(Combinaciones)$

$Wu = 78.5\ psf$

$Wu = 3758.6\ \frac{N}{m^2}$

Área tributaria:

$Lcost := 1\ m$

$anchotcost := 0.5\ m$

$Lcost = 3.28\ ft$

$anchotcost = 1.64\ ft$

$At := Lcost \cdot anchotcost = 0.5\ m^2$

$At = 5.38\ ft^2$

Cargas distribuidas muerta (wdl) y viva (Wll):

$Wdl := DL \cdot anchotcost = 442.89\ \frac{N}{m}$

$Wll := LL \cdot anchotcost = 1436.41\ \frac{N}{m}$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400\ ft^2$
"No se acepta reducción de carga viva"
else
"Se acepta reducción de carga viva "

$chequeo1 = \text{"No se acepta reducción de carga viva"}$

Momento y corte máximo:

$Wtrib := Wu \cdot anchotcost = 1879.3\ \frac{N}{m}$ $Wtrib = 1262.83\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

$Vmax := \frac{Wtrib \cdot Lcost}{2} = 939.65\ N$ $Rmax := Vmax = 211.24\ lbf$

$Mmax := \frac{Wtrib \cdot Lcost^2}{8} = 234.91\ m \cdot N$ $Mmax = 173.26\ ft \cdot lbf$

De la tabla 4B NDS 2005 se obtiene:

Factor de flexión:

$Fb := 2850\ psi$ $Fb = 19650058.29\ \frac{N}{m^2}$

Factor de tensión cortante paralela a la fibra:

$Fv := 175\ psi$ $Fv = 1206582.53\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 565\ psi$ $Fcp = 3895537.87\ \frac{N}{m^2}$

Factor de compresión paralelo a la fibra:

$Fc := 2100\ psi$ $Fc = 14478990.32\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad:

$E := 1800000\ psi$ $E = 12410563127.7\ \frac{N}{m^2}$

$Emin := 660000\ psi$ $Emin = 4550539813.49\ \frac{N}{m^2}$

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$Sxxreq' := \frac{Mmax}{Fb} = 11.95\ cm^3$ $Sxxreq' = 0.73\ in^3$

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido se selecciona la sección de la viga secundaria.

$b' := 2\ in$ $d' := 3\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5\ in$ $b = 3.81\ cm$

$d := d' - cep = 2.5\ in$ $d = 6.35\ cm$

$Sxxsecc := 1.563\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 25.61\ cm^3$

$chequeo2 := \text{if } Sxxreq' < Sxxsecc \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 3.75\ in^2$ $Ixx := \frac{b \cdot d^3}{12} = 1.95\ in^4$

Con Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3 y NDS 2005 se obtienen los factores C de ajuste:

Factor de estabilidad de la viga: $CL := 1$

Factor de tamaño: $CF := 1.5$

Factor de humedad: $CM := 1$

Factor de duración de la carga: $CD := 1$

Factor de temperatura: $Ct := 1$

Factor de miembos repetitivos: $Cr := 1.15$

Factor de rodamiento: $Cb := 1$

Factor de uso plano: $Cfu := 1$

Factor de incisión: $Ci := 1$

Chequeo esfuerzo flexionante:

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste.

$$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$$

$$Fb' = 22597567.03 \ \frac{N}{m^2} \qquad Fb' = 3277.5 \ psi$$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 9171619.67 \ \frac{N}{m^2} \qquad fb = 1330.23 \ psi$$

$$Chequeoflexion := \begin{cases} \text{if } fb < Fb' \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases} \qquad Chequeoflexion = \text{“OK”}$$

Chequeo tensión cortante:

Se calcula la tensión cortante real:

$$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 582584.22 \ \frac{N}{m^2} \qquad fv = 12167.52 \ \frac{lbf}{ft^2}$$

Se multiplica el factor de tensión cortante por sus factores C de ajuste:

$$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$$

$$Fv' = 1206582.53 \ \frac{N}{m^2} \qquad Fv' = 25200 \ psf$$

$$ChequeoTcortante := \begin{cases} \text{if } fv < Fv' \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases} \qquad ChequeoTcortante = \text{“OK”}$$

Chequeo de deflexión:

Se obtiene el el módulo de flexión de elasticidad permitido multipilicando el módulo de elasticidad por los factores C de correción.

$$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$$

$E' = 12410563127.7 \ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000 \ psi$

Límite de deflexión de la viga secundaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lcost}{360}$

$limdefLL = 0 \ m$ $limdefLL = 0.11 \ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL$$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lcost}{240}$

$limdefTL = 0 \ m$ $limdefTL = 0.16 \ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$$\Delta DL := \frac{5 \cdot Wdl \cdot Lcost^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta DL = 0.06 \ cm$ $\Delta DL = 0.02 \ in$

La deflexión por la carga viva es:

$$\Delta LL := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lcost^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta LL = 0.19 \ cm$ $\Delta LL = 0.07 \ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL$

$\Delta TL = 0.21\ cm$ $\Delta TL = 0.08\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \text{ "OK" else "NO OK"}$ $ChequeodefLL = \text{"OK"}$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \text{ "OK" else "NO OK"}$ $ChequeodefTL = \text{"OK"}$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$Ireq1 := \frac{5 \cdot Wll \cdot Lcost^3}{384 \cdot E'} \cdot 360 = 54.25\ cm^4$ $Ireq1 = 1.3\ in^4$

$Ireq2 := \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdl + Wll) \cdot Lcost^3}{384 \cdot E'} \cdot 240 = 41.75\ cm^4$

$Ireq2 = 1\ in^4$

$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix}$ $Ireq' := \max(Ireq)$

$Ireq' = 54.25\ cm^4$ $Ireq' = 1.3\ in^4$

Éste debe ser menor al momento de inercia de nuestra sección.

$Ixx = 81.3\ cm^4$ $Ixx = 1.95\ in^4$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \begin{cases} \text{if } Ireq' < Ixx \\ \quad \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“NO OK”} \end{cases} \qquad ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.
Se da la reacción máxima en los apoyos y el grosor final de la sección a utilizar:

$Rmax = 939.65\ N$ $\qquad$ $b = 1.5\ in$

Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp' := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.87\ \frac{N}{m^2}$$

$Fcp' = 565\ psi$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req' := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp'}$$

$Lb.req' = 0.01\ m$ $\qquad$ $Lb.req' = 0.25\ in$

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 2"X3" para las costaneras del balcón.

VIGA SECUNDARIA (BALCÓN)

Se obtiene la carga puntual que recibe (vienen de costanera):

Se asume peso propio de la viga:

$Wppsup := 40\ \frac{m}{s^2}\ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 59.53\ \frac{N}{m}$

Carga viva y muerta (vienen de viga secundarias):

$DL = 18.5\ psf$ $DL = 885.78\ \frac{N}{m^2}$

$LL = 60\ psf$ $LL = 2872.82\ \frac{N}{m^2}$

Largo tributario costanera: $Lcost := 0.5\ m$ $Lcost = 1.64\ ft$

Separación entre vigas secundarias: $anchotcost = 0.5\ m$ $anchotcost = 1.64\ ft$

$Wdl := DL \cdot anchotcost = 442.89\ \frac{N}{m}$

$Wll := LL \cdot anchotcost = 1436.41\ \frac{N}{m}$

Largo viga secundaria: $Lv2 := 6\ m$ $Lv2 = 19.69\ ft$

Carga puntual:

$Pdl := Wdl \cdot Lcost = 221.45\ N$ $Pdl = 49.78\ lbf$

$Pll := Wll \cdot Lcost = 718.2\ N$ $Pll = 161.46\ lbf$

Carga distribuida:

$Wdis := Wppsup = 59.53\ \frac{N}{m}$ $Wdis = 40\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := Pdl = 221.45\ N$ $Com1 = 488.21\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com2 := Pdl + Pll = 939.65\ N$ $Com2 = 2071.57\ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $Pu := \max(Combinaciones)$

Carga de diseño:

$Pu = 939.65\ N$ + $Wdis = 40\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

$Pu = 939.65\ N$ + $Wdis = 59.53\ \frac{N}{m}$

Ancho tributario: $anchotv2 := 1\ m$ $anchotv2 = 3.28\ ft$

Área tributaria: $At := anchotv2 \cdot Lv2$

$At = 6\ m^2$ $At = 64.58\ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400\ ft^2$
$\quad \| \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$
else
$\quad \| \text{“Se acepta reducción de carga viva ”}$

$chequeo1 = \text{“No se acepta reducción de carga viva”}$

Se calculan los efectos de la carga sobre la viga:

Corte máximo:

$Vmax := \frac{11 \cdot Pu}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv2}{2} = 5346.66\ N$

Reacción máxima:

$Rmax := Vmax = 5346.66\ N$ $Rv2 := 5346.66\ N$

Momento máximo:

$Mmax := \frac{3 \cdot Pu \cdot Lv2}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv2^2}{8} = 8724.72\ m \cdot N$

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$Sxxreq´ := \frac{Mmax}{Fb} = 444\ cm^3$ $Sxxreq´ = 27.09\ in^3$

*Los factores de esfuerzo continuan constantes.

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido se selecciona la sección de la viga primaria.

$b´ := 3\ in$ $d´ := 10\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b´ - cep = 2.5\ in$ $b = 6.35\ cm$

$d := d´ - cep \cdot 1.5 = 9.25\ in$ $d = 23.5\ cm$

$Sxxsecc := 35.65\ in^3$ Tabla 1B NDS 2005

$Sxxsecc = 584.2\ cm^3$

$chequeo2 := \text{if } Sxxreq´ < Sxxsecc \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 23.13\ in^2$ $Ixx := \frac{b \cdot d^3}{12} = 164.89\ in^4$

Con Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3 y NDS 2005 se obtienen los factores C de ajuste:

Factor de estabilidad de la viga:

$CL := 1$

Factor de tamaño:

$CF := 1.1$

Factor de humedad:

$CM := 1$

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$

Factor de temperatura:

$Ct := 1$

Factor de miembos repetitivos:

$Cr := 1$

Factor de rodamiento:

$Cb := 1$

Factor de uso plano:

$Cfu := 1.2$

Factor de incisión: $Ci := 1$

Chequeo de flexión:

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste:

$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$

$Fb' = 23580069.94 \ \frac{N}{m^2}$ $Fb' = 3420 \ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 14934504.8 \ \frac{N}{m^2}$ $fb = 2166.07 \ psi$

$Chequeoflexion := \text{if } fb < Fb' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$ $Chequeoflexion = \text{“OK”}$

Chequeo tensión cortante:

Se calcula la tensión cortante real:

$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 537556.67 \ \frac{N}{m^2}$ $fv = 11227.1 \ psf$

Y se compara contra el factor de tensión cortante por los factores C de ajuste.

$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$Fv' = 1206582.53 \ \frac{N}{m^2}$ $Fv' = 25200 \ psf$

$ChequeoTcortante := \text{if } fv < Fv' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$

$ChequeoTcortante = \text{“OK”}$

Chequeo de deflexión:

Se multiplica el módulo de elasticidad por los factores C de ajuste:

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E' = 12410563127.7 \ \frac{N}{m^2}$ $E' = 1800000 \ psi$

Límite de deflexión de la viga primaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv2}{360}$

$limdefLL = 1.67 \ cm$ $limdefLL = 0.66 \ in$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv2}{240}$

$limdefTL = 2.5 \ cm$ $limdefTL = 0.98 \ in$

La deflexión por la carga viva es:

$\Delta DL := \frac{29.83 \cdot Pdl \cdot Lv2^3}{2112 \cdot E' \cdot Ixx} + \frac{5 \ Wdis \cdot Lv2^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$

$\Delta DL = 0.2 \ cm$ $\Delta DL = 0.08 \ in$ $192 \cdot 11 = 2112$

La deflexión por la carga muerta es:

$\Delta LL := \frac{29.83 \cdot Pll \cdot Lv2^3}{2112 \cdot E' \cdot Ixx}$

$ke := \left(12 - \frac{1}{12}\right) \cdot \left(3 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{12^2}\right)\right)$

$ke = 29.83$

$\Delta LL = 0.26 \ cm$ $\Delta LL = 0.1 \ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL$

$\Delta TL = 0.36\ cm$ $\Delta TL = 0.14\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $ChequeodefLL = \text{“OK”}$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $ChequeodefTL = \text{“OK”}$

Se calcula el momento de inercia requerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$Ireq1 := \frac{29.83 \cdot Pll \cdot Lv2^2}{2112 \cdot E'} \cdot 360 = 1059.3\ cm^4$ $Ireq1 = 25.45\ in^4$

$Ireq2 := \left(\frac{29.83 \cdot (kfluencia \cdot Pdl + Pll) \cdot Lv2^2}{2112 \cdot E'} + \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdis) \cdot Lv2^3}{384 \cdot E'} \right) \cdot 240$

$Ireq2 = 976.96\ cm^4$ $Ireq2 = 23.47\ in^4$

$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix}$ $Ireq' := \max(Ireq)$

$Ireq' = 1059.3\ cm^4$ $Ireq' = 25.45\ in^4$

Éste debe ser menor al momento de inciercia de nuestra sección.

$Ixx = 6863.08\ cm^4$ $Ixx = 164.89\ in^4$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \text{if } Ireq' < Ixx \;\|\; \text{“OK”} \;\text{else}\; \|\; \text{“NO OK”}$$

$$ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.
Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp' := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.87 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Fcp' = 565 \ psi$$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req' := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp'}$$

$$Lb.req' = 0.02 \ m \qquad Lb.req' = 0.85 \ in$$

Chequeo del peso propio asumido:

Densidad de la madera utilizada:

$$\rho.madera := 560 \ \frac{kg}{m^3} = 34.96 \ \frac{lb}{ft^3}$$

de

Peso propio asumido:

$$Wppsup = 40 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft} \qquad Wppsup = 59.53 \ \frac{N}{m}$$

Sección seleccionada:

$$b' = 3 \ in \qquad X \qquad d' = 10 \ in$$

$b = 2.5\ in$ X $d = 9.25\ in$

Peso propio real:

$ppreal := (b \cdot d) \cdot \rho.madera = 5.61\ \frac{lb}{ft}$ $ppreal = 8.35\ \frac{kg}{m}$

Debido a que el peso asumido es mayor al peso real, el peso asumido es aceptable.

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 3"X10" para las vigas secundarias del balcón.

VIGA PRIMARIA:

Se asume peso propio de la viga:

$Wppsup := 90 \ \frac{m}{s^2} \ \frac{lb}{ft}$ $Wppsup = 133.93 \ \frac{N}{m}$

Largo viga primaria: $Lv1 := 4 \ m$ $Lv1 = 13.12 \ ft$

Cargas puntuales vienen de reacciones de vigas secundarias:

$Rdl := \frac{11 \ Pdl}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv2}{2} = 1396.53 \ N$

$Rll := \frac{11 \ Pll}{2} = 3950.12 \ N$

Carga distribuida:

$Wdis := Wppsup = 133.93 \ \frac{N}{m}$ $Wdis = 90 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := Rdl = 1396.53 \ N$ $Com1 = 3078.83 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Com2 := Rdl + Rll = 5346.66 \ N$ $Com2 = 11787.36 \ \frac{m}{s^2} \cdot lb$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $Pu := \max(Combinaciones)$

Carga de diseño:

$Pu = 5346.66 \ N$ + $Wdis = 90 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft}$

$Pu = 1201.98 \ lbf$ + $Wdis = 133.93 \ \frac{N}{m}$

Ancho tributario: $anchotv1 := 3 \ m$ $anchotv1 = 9.84 \ ft$

Área tributaria: $At := anchotv1 \cdot Lv1$

$At = 12 \ m^2$ $At = 129.17 \ ft^2$

Chequeo 1:

$Kll := 2$

$chequeo1 := \text{if } Kll \cdot At < 400\ ft^2$
"No se acepta reducción de carga viva"
else
"Se acepta reducción de carga viva "

$chequeo1 = \text{"No se acepta reducción de carga viva"}$

Se calculan los efectos de la carga sobre la viga:

Corte máximo:

$$Vmax := \frac{3 \cdot Pu}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv1}{2} = 8287.85\ N$$

Reacción máxima:

$Rmax := Vmax = 8287.85\ N$ $Rv1 := 8287.85\ N$

Momento máximo:

$$Mmax := \frac{Pu \cdot Lv1}{2} + \frac{Wdis \cdot Lv1^2}{8} = 10961.18\ m \cdot N$$

Con la ecuación 4.1 de NSD 2005, se obtiene el módulo de sección requerido:

$$Sxxreq' := \frac{Mmax}{Fb} = 557.82\ cm^3$$ $Sxxreq' = 34.04\ in^3$

*Los factores de esfuerzo continuan constantes.

Con la tabla 1B de NSD 2005, basándose en el módulo de sección requerido se selecciona la sección de la viga primaria.

$b' := 3\ in$	$d' := 10\ in$	$cep := 0.5\ in$	Se le resta 0.5 in por el cepillado.
$b := b' - cep = 2.5\ in$		$b = 6.35\ cm$	
$d := d' - cep \cdot 1.5 = 9.25\ in$		$d = 23.5\ cm$	Tabla 1B NDS 2005
$Sxxsecc := 35.65\ in^3$		$Sxxsecc = 584.2\ cm^3$	

$chequeo2 := \text{if } Sxxreq' < Sxxsecc \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $\quad chequeo2 = \text{“OK”}$

$Aprov := b \cdot d = 23.13\ in^2$ $\quad Ixx := \frac{b \cdot d^3}{12} = 164.89\ in^4$

Con Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3 y NDS 2005 se obtienen los factores C de ajuste:

Factor de estabilidad de la viga: $CL := 1$

Factor de tamaño: $CF := 1.1$

Factor de humedad: $CM := 1$

Factor de duración de la carga: $CD := 1$

Factor de temperatura: $Ct := 1$

Factor de miembos repetitivos: $Cr := 1$

Factor de rodamiento: $Cb := 1$

Factor de uso plano: $Cfu := 1.2$

Factor de incisión: $Ci := 1$

Chequeo de flexión:

Se multiplica el factor de flexión por sus factores C de ajuste:

$Fb' := Fb \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot Cr \cdot Cfu \cdot Ci$

$Fb' = 23580069.94\ \frac{N}{m^2}$ $\quad Fb' = 3420\ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión real:

$fb := \frac{Mmax}{Sxxsecc} = 18762755.37\ \frac{N}{m^2}$ $\quad fb = 2721.31\ psi$

$Chequeoflexion := \text{if } fb < Fb' \parallel \text{“OK”} \text{ else } \parallel \text{“NO OK”}$ $\quad Chequeoflexion = \text{“OK”}$

Chequeo tensión cortante:

Se calcula la tensión cortante real:

$$fv := \frac{1.5 \cdot Vmax}{Aprov} = 833266.81 \ \frac{N}{m^2} \qquad fv = 17403.14 \ psf$$

Y se compara contra el factor de tensión cortante por los factores C de ajuste.

$$Fv' := Fv \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$$

$$Fv' = 1206582.53 \ \frac{N}{m^2} \qquad Fv' = 25200 \ psf$$

$$ChequeoTcortante := \text{if } fv < Fv' \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”} \qquad ChequeoTcortante = \text{“OK”}$$

Chequeo de deflexión:

Se multiplica el módulo de elasticidad por los factores C de ajuste:

$$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$$

$$E' = 12410563127.7 \ \frac{N}{m^2} \qquad E' = 1800000 \ psi$$

Límite de deflexión de la viga primaria:

Deflexión de la carga viva: ΔLL

Límite de deflexión: $limdefLL := \frac{Lv1}{360}$

$$limdefLL = 1.11 \ cm \qquad limdefLL = 0.44 \ in$$

Incremental a largo plazo debido a la carga muerta más carga viva (incluidos los efectos de fluencia).

$$\Delta TL = k \cdot \Delta DL + \Delta LL$$

Límite de deflexión: $limdefTL := \frac{Lv1}{240}$

$limdefTL = 1.67\ cm$ $limdefTL = 0.66\ in$

La deflexión por la carga viva es:

$$\Delta DL := \frac{0.05 \cdot Pdl \cdot Lv1^3}{E' \cdot Ixx} + \frac{5\ Wdis \cdot Lv1^4}{384 \cdot E' \cdot Ixx}$$

$\Delta DL = 0.14\ cm$ $\Delta DL = 0.05\ in$

La deflexión por la carga muerta es:

$$\Delta LL := \frac{0.05\ Pll \cdot Lv1^3}{E' \cdot Ixx}$$

$\Delta LL = 0.27\ cm$ $\Delta LL = 0.11\ in$

*Se asume el factor de fluencia (k)=0.5 debido a que estará en condiciones secas.

Por lo tanto nuestra incremental a largo plazo es:

$kfluencia := .5$

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta DL + \Delta LL$

$\Delta TL = 0.34\ cm$ $\Delta TL = 0.13\ in$

Chequeos:

Chequeo deflexión por carga viva:

$$ChequeodefLL := \text{if } \Delta LL < limdefLL \text{ } \| \text{ } \text{“OK”} \text{ else } \| \text{ } \text{“NO OK”}$$

$ChequeodefLL = \text{“OK”}$

Chequeo deflexión por la incremental a largo plazo:

$$ChequeodefTL := \text{if } \Delta TL < limdefTL \text{ “OK” else “NO OK”} \qquad ChequeodefTL = \text{“OK”}$$

Se calcula el momento de inerciarequerido y se puede obtener con dos ecuaciones:

$$Ireq1 := \frac{0.05 \cdot Pll \cdot Lv1^2}{E'} \cdot 360 = 1666.67\ cm^4 \qquad Ireq1 = 40.04\ in^4$$

$$Ireq2 := \left(\frac{0.05 \cdot (kfluencia \cdot Pdl + Pll) \cdot Lv1^2}{E'} + \frac{5 \cdot (kfluencia \cdot Wdis) \cdot Lv1^3}{384 \cdot E'} \right) \cdot 240$$

$$Ireq2 = 1390.33\ cm^4 \qquad Ireq2 = 33.4\ in^4$$

$$Ireq := \begin{bmatrix} Ireq1 \\ Ireq2 \end{bmatrix} \qquad Ireq' := \max(Ireq)$$

$$Ireq' = 1666.67\ cm^4 \qquad Ireq' = 40.04\ in^4$$

Éste debe ser menor al momento de inercia de nuestra sección.

$$Ixx = 6863.08\ cm^4 \qquad Ixx = 164.89\ in^4$$

Chequeo de momento de inercia:

$$ChequeoIxx := \text{if } Ireq' < Ixx \text{ “OK” else “NO OK”}$$

$$ChequeoIxx = \text{“OK”}$$

Chequeo por esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras.

Esfuerzo de compresión permitido:

$$Fcp´ := Fcp \cdot CM \cdot Ct \cdot Cb \cdot Ci = 3895537.87 \ \frac{N}{m^2}$$

$$Fcp´ = 565 \ psi$$

Longitud de apoyo mínima requerida:

$$Lb.req´ := \frac{Rmax}{b \cdot Fcp´}$$

$$Lb.req´ = 0.03 \ m \qquad Lb.req´ = 1.32 \ in$$

Chequeo del peso propio asumido:

Densidad de la madera utilizada:

$$\rho.madera := 560 \ \frac{kg}{m^3} = 34.96 \ \frac{lb}{ft^3}$$

Peso propio asumido:

$$Wppsup = 90 \ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{lb}{ft} \qquad Wppsup = 133.93 \ \frac{N}{m}$$

Sección seleccionada:

$b´ = 3 \ in$ X $d´ = 10 \ in$

$b = 2.5 \ in$ X $d = 9.25 \ in$

Peso propio real:

$$ppreal := (b \cdot d) \cdot \rho.madera = 5.61 \ \frac{lb}{ft} \qquad ppreal = 8.35 \ \frac{kg}{m}$$

Debido a quel el peso asumido es mayor al peso real, el peso asumido es aceptable.

CONCLUSIÓN

Se selecciona la sección de 3"X10" para las vigas primarias del balcón.

Columnas balcón

Cargas de diseño:

Viene viga secundaria: Viene viga primaria:

$Rv2 = 5346.66\ N$ $Rv1 = 8287.85\ N$

Carga total:

$Pu := Rv1 + Rv2 = 13634.51\ N$

$Pu = 3065.16\ lbf$

Longitud columna:

$Lcol := 2.6\ m$ $Lcol = 8.53\ ft$

Se asume una sección de columna:

Se escoge la sección 4"X4" donde:

$dx' := 5\ in$ $dy' := 5\ in$ $cep := 0.5\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$dx := dx' - cep = 4.5\ in$ $dx = 11.43\ cm$

$dy := dy' - cep = 4.5\ in$ $dy = 11.43\ cm$

Área de la sección:

$Acol := dx \cdot dy = 20.25\ in^2$ $Acol = 130.64\ cm^2$

De la tabla 4B NSD 2005 se obtienen:

Factor de compresión paralelo a la fibra:

$Fc := 2100\ psi$ $Fc = 14478990.32\ \frac{N}{m^2}$

Módulo de elasticidad máximo y mínimo:

$E := 1800000\ psi$ $Emin := 660000\ psi$

Factores C de ajustes:

Factor de tamaño:

$CF := 1.1$ Tabla 4B NDS 2005

Factor de humedad:

$CM := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de temperatura:

$Ct := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de incisión:

$Ci := 1$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 3

Factor de longitud efectiva Ke:

$Ke := 2$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5: Debido a que termina en el balcón.

Largo efectivo:

$Le := Lcol \cdot Ke = 5.2\ m$ $Le = 17.06\ ft$

Factor de interacción:

$ci := 0.8$ Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5: el factor es 0.8 para madera aserrada.

Chequeo de esbeltez:

Relación de esbeltez max: $r.esbmax := 50$

La relación de esbeltez tanto en el eje X-X como en el eje Y-Y se da por:

$Rxx := \frac{Le}{dx} = 45.49$ $Ryy := \frac{Le}{dy} = 45.49$

if $Rxx < r.esbmax$ "OK" else "NO OK" = "OK"

if $Ryy < r.esbmax$ "OK" else "NO OK" = "OK"

Se calcula el módulo de elasticidad permisible para lo cálculos de pandeo:

$E´min := Emin \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci$

$E´min = (4.551 \cdot 10^9)\ \frac{N}{m^2}$ $E´min = 660000\ psi$

Se calcula el esfuerzo crítico de pandeo de Euler de la siguiente forma:

$FcE := \frac{0.822\ E´min}{\left(\frac{Le}{dx}\right)^2} = 1807259.47\ \frac{N}{m^2}$ $FcE = 262.12\ psi$

$Fc´´ := Fc \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CF \cdot Ci = 15926889.35\ \frac{N}{m^2}$

$Fc´´ = 2310\ psi$

Se hace una relación entre los valores obtenidos para el cálculo del factor de estabilidad:

$Rfcefc´´ := \frac{FcE}{Fc´´} = 0.113$

Se calcula el factor de estabilidad Cp:

Ecuación 5.21: Abi Aghareye - Structural Wood Design (2007) capítulo 5

$$Cp := \frac{1 + Rfcefc''}{2 \cdot ci} - \sqrt[2]{\left(\frac{1 + Rfcefc''}{2 \cdot ci}\right)^2 - \frac{Rfcefc''}{ci}}$$

$$Cp = 0.11$$

Por lo tanto el esfuerzo de compresión admisible es:

$$Fc' := Fc'' \cdot Cp = 176.335 \ \frac{N}{cm^2} \qquad Fc' = 255.75 \ psi$$

Con él se calcula la capacidad de carga de compresión admisible de la columna:

$$Padm := Fc' \cdot Acol = 23037.3 \ N \qquad Padm = 5178.99 \ lbf$$

Chequeo compresión:

Se compara la carga admisible con la que recibe la columna:

$$Chequeo := \text{if } Pu < Padm \ \| \ \text{“OK”} \ \text{else} \ \| \ \text{“NO OK”}$$

Demanda capacidad:

$$D.C := \frac{Pu}{Padm} = 0.59$$

$$Chequeo = \text{“OK”}$$

Deck de balcón:

Distancia entre armadura de piso:

$Ld := 1\ m$ $\quad Ld = 3.28\ ft$

Integración de cargas:

Carga muerta (DL):

$pesopropio := 16\ psf$ $\quad pesopropio = 766.08\ \frac{N}{m^2}$

$tabicaciones := 15\ psf$ $\quad tabicaciones = 718.2\ \frac{N}{m^2}$

$DL := pesopropio + tabicaciones$

$DL = 31\ psf$ $\quad DL = 1484.29\ \frac{N}{m^2}$

Carga viva (LL):

$LL := 40 \cdot 1.5\ psf$ $\quad LL = 2872.82\ \frac{N}{m^2}$

Combinaciones de carga:

$Com1 := DL = 31\ psf$ $\quad Com1 = 1484.29\ \frac{N}{m^2}$

$Com2 := DL + LL = 91\ psf$ $\quad Com2 = 4357.1\ \frac{N}{m^2}$

$Combinaciones := \begin{bmatrix} Com1 \\ Com2 \end{bmatrix}$ $\quad Wu := \max(Combinaciones)$

$Wu = 91\ psf$ $\quad Wu = 4357.1\ \frac{N}{m^2}$

Se asume una una duela deck que se apoya en un tramo sencillo.

Duela seleccionada: 2"X6"

$cep := 0.5\ in$

$b' := 2\ in$ $\quad d' := 6\ in$ Se le resta 0.5 in por el cepillado.

$b := b' - cep = 1.5\ in$ $\quad b = 3.81\ cm$

$d := d' - cep = 5.5\ in$ $\quad d = 13.97\ cm$

Con las propiedades de la duela y el espaciamiento entre apoyos se obtienen las propiedades de la sección del deck:

$Axxduela := 8.25\ in^2$ $\quad Axxduela = 53.23\ cm^2$

$Syyduela := 2.063\ in^3$ $\quad Syyduela = 33.81\ cm^3$

$Iyyduela := 1.547\ in^4$ $\quad Iyyduela = 64.39\ cm^4$

Entonces se obtienen las propiedades por el ancho en un pie del deck :

$Axx := Axxduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 18\ in^2$ $\quad Axx = 116.13\ cm^2$

$Syy := Syyduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 4.5\ in^3$ $\quad Syy = 73.76\ cm^3$

$Iyy := Iyyduela \cdot \left(1\ \frac{ft}{d}\right) = 3.38\ in^4$ $\quad Iyy = 140.49\ cm^4$

Se calcula el momento máximo:

$$Mmax' := \frac{Wu \cdot Ld^2}{8}$$

$Mmax := Mmax' \cdot 1\ ft = 122.44\ lbf \cdot ft$

(Por el ancho en un pie del deck)

De la tabla de 4E de NDS 2005 se obtienen los valores de esfuerzo de la sección del deck y sus factores de ajuste C.

Esfuerzo de flexión con el factor de ajuste de miembro repetitivo:

$FbCr := 1300\ psi$

Esfuerzo de comrpesión perpendicular a la fibra:

$Fcp := 375\ psi$

Módulo de elasticidad:

$E := 1600000\ psi$

Factor de tamaño:

$CF := 1.10$

Factor de incisión:

$Ci := 1$

Factor de duración de la carga:

$CD := 1$

Factor de humedad:

$CM := 1$

Factor de temperatura:

$Ct := 1$

Factor de estabilidad:

$CL := 1$

Se calculan los esfuerzos admisibles:

$Fb' := FbCr \cdot CD \cdot CM \cdot Ct \cdot CL \cdot CF \cdot Ci = 1430\ psi$

$E' := E \cdot CM \cdot Ct \cdot Ci = 1600000\ psi$

Se calcula el esfuerzo de flexión sobre el eje débil y-y:

$$fby := \frac{Mmax}{Syy} = 326.43\ psi$$

Por lo tanto se compara con el esfuerzo de flexión admisible:

$$\text{if } fby < Fb' \ \Big| \ = \text{“OK”}$$
$$\quad \Big\| \ \text{“OK”}$$
$$\text{else}$$
$$\quad \Big\| \ \text{“NO OK”}$$

Se realiza el chequeo por deflexión:

$Dl := DL \cdot ft = 31 \ \frac{lbf}{ft}$ $\quad Dl = 2.58 \ \frac{lbf}{in}$

(Por el ancho en un pie del deck)

$Ll := LL \cdot ft = 60 \ \frac{lbf}{ft}$ $\quad Ll = 5 \ \frac{lbf}{in}$

La deflexión de la carga muerta:

$\Delta Dl := \frac{5 \cdot Dl \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.01 \ in$

Factor K de fluencia:

$kfluencia := .5$

La deflexión de la carga viva:

$\Delta Ll := \frac{5 \cdot Ll \cdot Ld^4}{384 \cdot E' \cdot Iyy} = 0.03 \ in$

La deflexión de la carga total incremental a largo plazo:

$\Delta TL := kfluencia \cdot \Delta Dl + \Delta Ll = 0.04 \ in$

Se chequea para la carga viva y la incremental a largo plazo:

if $\Delta Ll < \frac{Ld}{360}$ = "OK"
  "OK"
else
  "NO OK"

if $\Delta TL < \frac{Ld}{240}$ = "OK"
  "OK"
else
  "NO OK"