UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Gestión de agua y saneamiento sostenible en Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base

Trabajo de graduación presentado por:

José Ernesto del Cid Castellanos

Carlos Alejandro Gutiérrez Abril

José Daniel Ibarra Cardona

Carlos Roberto López Castillo

Raffaello Marinelli Block

Juan Esteban Wyss Menéndez

para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;

Brian Antonio Medina Carranza

para optar al grado académico de Licenciado en

Administración del Turismo Sostenible

Guatemala,

2017

Gestión de agua y saneamiento sostenible en Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Gestión de agua y saneamiento sostenible en Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base

Trabajo de graduación presentado por:

José Ernesto del Cid Castellanos

Carlos Alejandro Gutiérrez Abril

José Daniel Ibarra Cardona

Carlos Roberto López Castillo

Raffaello Marinelli Block

Juan Esteban Wyss Menéndez

para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil;

Brian Antonio Medina Carranza

para optar al grado académico de Licenciado en

Administración del Turismo Sostenible

Guatemala,

2017

Vo. Bo. :

(f) _____ (f) _____

Ing. Otoniel Echeverría Castellanos Ing. Roberto Godo Levensen

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto:

(f) _____

Ing. Otoniel Echeverría Castellanos

(f) _____

Licda. Claire Dallies de Masaya

(f) _____

Ing. Roberto Godo Levensen

Fecha de aprobación: Guatemala, octubre 2017

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS xxvii
LISTA DE FIGURAS xxxv
RESUMEN xli
I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 3
A. General 3
B. Específicos 3
III. MARCO TEÓRICO 5
A. Antecedentes históricos 5
B. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 5
1. Demografía 5
2. Hidrología 6
3. El recurso del agua 6
4. Ciclo hidrológico 6
5. Los climas 9
a. Zonas climáticas 9
6. Componentes: Cuenca, ríos, lagos y superficie de terreno 9
7. Características morfométricas: Parámetros asociados a la forma de la cuenca 9
a. Área 9
b. Perímetro 10
c. Longitud de la cuenca 10
d. Ancho de la cuenca 10
e. Orientación 10
f. Factor de forma 10
g. Coeficiente de compacidad 11
h. Densidad drenaje 12

i. Orden....12
j. Curva hipsométrica....13
8. Evapotranspiración....14
9. Uso de suelo....14
10. Método racional....14
11. Hidrograma unitario....15
12. Ríos....17
a. Tipos de ríos....17
1) Perennes....17
2) Estacionales....18
3) Ríos Transitorios....18
13. Análisis del agua....18
a. En ríos....18
14. Zona de riesgo....18
15. Sistema de información geográfico (SIG)....21
C. Agua potable....21
1. Calidad del agua....21
a. Sistemas de abastecimientos....23
2. Fuentes de agua....23
a. Aguas superficiales....23
b. Aguas subterránea....24
3. Sistemas de captación....26
a. Pozos....26
b. Galerías de infiltración....28
c. Captaciones superficiales....29
4. Líneas de conducción....29

5. Criterios de diseño 30
a. Demanda 30
b. Presión 31
c. Estructuras complementarias 31
d. Pérdidas de carga 32
6. Reservorios o tanques de almacenamiento. 32
a. Criterios de diseño 33
1) Método de la curva integral 33
2) Método empírico 34
7. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala 34
a. Turismo 34
b. Turismo y agua 38
c. Consumo de agua en establecimientos de hospedaje y alojamiento 40
d. Turismo en La Antigua Guatemala. 42
e. La iniciativa de medición de agua en hoteles 45
1) Lavandería externalizada. 46
2) Fuentes de agua subterráneas o superficiales no medidas. 47
3) Espacios privados. 48
f. Universo y muestra de estudio. 48
g. Variable de investigación 48
h. Instrumento. 49
D. Drenaje pluvial 49
1. Efectos de la urbanización en el proceso de escorrentía 49
a. Escorrentía 49
b. Uso de suelo. 53
2. Precipitación 49

a. Medición 57
1) Pluviómetro 57
2) Pluviógrafo 58
3) Pluviómetros totalizadores.....58
4) NASA Giovanni.....59
b. Escorrentía superficial.....59
3. Drenaje pluvial 60
a. Normas de diseño.....60
1) Altimetría.....60
2) Planimetría.....60
3) Diámetro mínimo.....60
4) Velocidad mínima.....61
5) Velocidad máxima. 61
6) Cotas Invert.....61
b. Determinación del caudal de diseño.....62
1) Velocidad del flujo. La velocidad del flujo a sección llena de cada sección se calculó con la relación de Manning. 62
2) Pendiente del terreno. 63
3) Áreas tributarias.....63
4) Caudal de diseño.....63
5) Coeficiente de escorrentía.....64
6) Análisis de frecuencia.....65
7) Período de retorno.....65
8) Intensidad de precipitación. 67
9) Tiempo de concentración.....67
c. Pozos de visita.....68

d. Tragantes 68
e. Curvas IDF 69
f. Elaboración de las curvas IDF 70
4. Investigación de campo 70
a. Localización de alcantarillas 70
b. Diseño de tubería para drenaje pluvial 70
1) Altimetría. 70
2) Planimetría 71
3) Cotas Invert 71
4) Precipitación 71
5) Caudal de diseño 72
a) Cálculo de intensidad. 72
b) Cálculo de coeficiente de escorrentía. 73
c) Tributaria. Para el calcular el área tributaria se utilizó Qgis. 74
d) Cálculo de pendiente 74
e) Cálculo de velocidad 74
f) Cálculo de caudal 74
E. Drenaje sanitario 75
1. Sistema de drenaje 75
a. Sistemas de drenajes sanitarios. 75
b. Sistemas de drenajes combinados. 75
c. Sistemas de drenajes simplificado. 75
d. Sistemas de drenajes condominiales. 75
e. Sistemas de drenajes sin arrastre de sólidos 76
2. Elementos de los drenajes 76
a. Tuberías 76

1) Acero 76
2) Concreto....76
3) PVC. 77
3. Obras de arte....78
a. Pozos de visita.....78
b. Candelas domiciliares. 78
c. Tubería secundaria. 79
d. Colector principal....79
4. Factores de diseño. 80
a. Caudal de diseño. 80
b. Factor de Harmond....81
c. Factor de caudal medio 81
d. Caudal medio. 81
e. Caudal domiciliar. 82
f. Consumo de agua potable. 82
g. Densidad poblacional. 83
h. Factor de retorno 83
i. Caudal industrial 83
j. Caudal comercial....83
k. Caudal de conexiones ilícitas. 84
l. Caudal de infiltración. 84
m. Población actual. 84
n. Población futura 84
o. Población por vivienda. 85
p. Factores máximos y mínimos....85
1) Velocidades 85

2) Diámetros....85
5. Operación y mantenimiento....85
a. Requerimientos básicos....85
1) Registro de la red de drenajes....86
2) Personal....86
3) Equipos y herramientas....86
b. Tipos de operación y mantenimiento....87
1) Preventivo....87
2) Correctivo o de reparación de daños....87
c. Principales fallas en la operación de sistemas de drenajes....88
1) Instalaciones sanitarias y conexiones domiciliares....88
2) Red de colectores y tuberías secundarias....88
3) En planta de tratamiento....88
d. Sitios de vertederos previos al tratamiento....88
1) Corrientes superficiales....88
2) Terrenos....89
3) Lagos....89
4) Subterráneas....89
F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario....89
1. Agua residual....89
a. Inconvenientes de las aguas residuales....89
b. Características físicas....91
1) Sólidos....91
a) Sólidos totales....91
b) Sólidos suspendidos totales....91
c) Sólidos disueltos totales....91

d) Sólidos sedimentables....91
2) Turbiedad....91
3) Color......91
4) Olor....91
5) Temperatura....92
6) Conductividad....92
c. Características químicas....92
1) pH....92
2) Cloruros....92
3) Gases....92
4) Oxígeno disuelto....93
5) Metales....93
6) Nitrógeno....93
7) Fósforo....93
8) Azufre....93
9) Grasas y aceites....93
d. Características biológicas....93
1) Bacterias....93
2) Protozoos....94
3) Helmitos....94
4) Virus....94
2. Plantas de tratamiento de aguas residuales....94
a. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)....94
b. Demanda química de oxígeno (DQO)....95
c. Relación DBO_5 y DQO....95
3. Etapas de una PTAR....96

a. Tratamiento preliminar.....96
1) Rejas y cribas de barras. 96
2) Desmenuzadores. 96
3) Desarenadores. 97
4) Tanques de preareación 98
5) Trampa de grasas y aceites. 99
b. Tratamiento primario. 99
1) Tanques sépticos. 100
2) Tanque de doble acción (Imhoff). 100
3) Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos. 102
4) Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) 103
c. Tratamiento secundario 103
1) Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria 104
2) Lodos activados 104
3) Filtros de arena intermitentes 105
4) Estanques de estabilización 106
d. Tratamiento terciario. 107
1) Cloración. 107
e. Tratamiento de lodos 108
4. Marco legal guatemalteco 109
a. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 – "Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos" 109
b. Acuerdo Gubernativo No. 129-2015 117
c. Acuerdo Gubernativo No. 138-2017 118
5. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en Antigua Guatemala 119
a. San Mateo 1 119

b. San Mateo 2. 120
c. San Cristóbal El Alto 120
6. Mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario 121
7. Fórmulas para el diseño de los sistemas 123
G. Residuos sólidos 129
1. Definición 129
a. Residuo sólido 129
b. Desecho sólido. 129
2. Tipos de desechos 129
a. Basura orgánica. 129
b. Basura inorgánica 129
c. Desechos biodegradables. 129
d. Residuos tóxicos y peligrosos (RTP). 129
3. Generación de residuos y desechos sólidos domiciliares en Guatemala 129
4. Tipos de desechos generados en Guatemala 130
a. Desechos industriales (Recuperación, acopio y reciclaje) 130
b. Desechos hospitalarios. 131
1) Tratamiento 131
c. Desechos radiactivos. 131
d. Desechos de minería 131
1) Desechos sólidos 132
2) Roca estéril o escombros. 132
5. Residuos sólidos en Guatemala 132
a. Efectos de la basura sobre la salud 132
1) Efectos directos 132
2) Efectos indirectos 132

b. Legislación y agencias gubernamentales 132
1) Problemática. 133
2) Legislación y Normativas. 133
3) Registro de desechos en Guatemala. 134
6. Manejo de desechos sólidos. El manejo de desechos sólidos comprende los siguientes procesos: 138
a. Servicio ordinario 139
1) Relleno sanitario. 140
a) Relleno sanitario manual. 141
b) Relleno sanitario mecanizado. 141
c) Requisitos importantes para la ubicación de un relleno sanitario 141
d) Permisos y licencias 141
e) Estudios 141
f) Requisitos técnicos 142
2) Requisitos generales 143
a) Tratamiento de gases. 143
b) Tratamiento de lixiviados. 144
c) Geocompuestos y geomembranas 146
d) Cierre técnico. 147
3) Enterramiento 147
b. Servicio especial 147
1) Incineradores 147
2) Plantas de tratamiento de clasificación. 148
7. Transporte y recolección de desechos sólidos.. 149
8. Material de cobertura. 149
9. Impacto de desechos sólidos en la salud pública 149

a. Roedores 149

b. Moscas 149

IV. METODOLOGÍA 151

A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 151

B. Agua Potable 152

C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala 154

D. Drenaje pluvial 155

E. Drenaje sanitario. 155

F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario 156

G. Desechos sólidos 157

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS 159

A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 159

1. Morfometría de la cuenca del Río Guacalate 159

2. Tipo de clima en la cuenca del Río Guacalate 160

3. Demografía de poblados. 161

4. Cobertura de suelo en la cuenca del Río Guacalate 163

5. Pendiente en el relieve de la cuenca del Río Guacalate 164

6. Inundaciones en la cuenca del Río Guacalate. 165

7. Deslizamientos en la cuenca del Río Guacalate 168

8. Análisis del agua del Río Guacalate 169

B. Agua potable 170

1. Características de los pozos 171

2. Resumen de las características de los pozos 190

3. Características de los tanques de distribución 192

4. Resumen de las características de los tanques de distribución 214

5. Características de las estaciones de rebombeo 215

6. Resumen de las características de las estaciones de rebombeo....222
7. Características de los nacimientos....223
8. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos....225
9. Demanda y abastecimiento actual de agua potable....228
a. Demanda actual de agua potable....228
b. Relación demanda-capacidad....230
C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala....232
1. Temporalidad del consumo de agua por el sector.....232
2. Resultados de la encuesta. 232
3. Resultados de la herramienta. 243
4. Consumo de agua estimado por el sector de hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala. 247
D. Drenaje pluvial 249
1. Mapas temáticos 249
a. Mapa temático de localización las alcantarillas de Antigua Guatemala....249
b. Mapa temático de la mancha urbana de Antigua Guatemala 249
c. Mapa temático del área de estudio de Antigua Guatemala 250
d. Mapa temático de tramos pluviales de Antigua Guatemala 250
e. Mapa temático de manzanas de Antigua Guatemala....251
f. Mapa temático de los pozos de visita de Antigua Guatemala 251
2. Cuadros del cálculo de tuberías pluviales....252
a. Tramo 1....252
b. Tramo 2....253
c. Tramo 3....254
d. Tramo 4....254
e. Tramo 5....255

f. Tramo 6 255
g. Tramo 7 256
h. Tramo 8 256
i. Tramo 9 257
j. Tramo 10 258
k. Tramo 11 259
l. Tramo 12 259
m. Tramo 13 260
3. Análisis de resultados. 260
E. Drenaje sanitario 262
1. Pendientes de los tramos analizados. 262
2. Análisis por tramo. 263
3. Ubicación y características de pozos de visita. 263
F. Plantas de tratamiento de aguas residuales 267
1. Análisis del documento "Assessing decentralized wastewater treatment options in Santa Barbara County". 267
a. Aspecto económico. 269
b. Aspecto ambiental. 270
c. Aspecto social. 271
d. Tratamientos subsuperficiales. 272
1) Campo filtrante (Leach Field). 272
2) Sistema de montículo (Mound system) 273
3) Evapotranspiración (Evapotranspiration) 274
e. Construcción de humedales. 275
1) Flujo horizontal subsuperficial (Subsurface horizontal flow) 275
2) Humedales de superficie libre (Free water Surface wetlands) 276

2. Fichas técnicas de las plantas de tratamiento municipales.....279
a. PTAR San Cristóbal El Alto. 279
b. PTAR San Mateo Milpas Altas 1 281
c. PTAR San Mateo Milpas Altas 2 282
3. Diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Cristóbal El Alto. 283
4. Diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Mateo 2. 287
G. Residuos sólidos 291
1. Vertedero “EL CHOCONAL” Antigua Guatemala (Residuos Sólidos).....291
a. Presentación. 291
b. Ubicación 291
c. Clasificación de desechos 291
d. Usuarios de “EL CHOCONAL”. 292
e. Basureros clandestinos. 292
f. Diseño inicial. 293
g. Adecuaciones 293
h. Personal operative 294
i. Maquinaria 294
j. Transporte y recolección de desechos sólidos 295
1) Tarifas e impuestos. 295
k. Material de cobertura. 296
l. Vida útil y Cierre técnico 296
m. Legislación y Normativas 296
2. Alternativas para el manejo de desechos sólidos en Antigua Guatemala 296
3. Ubicación de nuevo establecimiento para el tratamiento de desechos sólidos. 296

a. Estudios realizados....296
b. Propiedad Municipal....297
c. Estudios preliminares....302
d. Tratamiento de desechos sólidos....303
1) Relleno sanitario....303
2) Planta de tratamiento de clasificación y separación....303
3) Tratamiento de lixiviados y gases tóxicos....303
e. Equipo y maquinaria....303
f. Transporte y recolección de desechos sólidos....304
1) Tarifas e impuestos....304
g. Material de cobertura....304
h. Disponibilidad de tratamiento de desechos sólidos....304
4. La autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del Lago de Amatitlán....305
a. Presentación....305
b. Ubicación....305
c. Clasificación de desechos. “AMSA” trata los desechos sólidos de las siguientes categorías:....305
d. Usuarios de “AMSA”....305
e. Diseño inicial....306
f. Adecuaciones....307
g. Personal operativo....307
h. Maquinaria....307
i. Transporte y recolección de desechos sólidos....308
1) Tarifa e impuestos....308
j. Material de cobertura....309
k. Vida útil y cierre técnico....309

l. Legislación y normativas 309
VI. CONCLUSIONES 311
A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 311
B. Agua potable 312
C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala 312
D. Drenaje pluvial 312
E. Drenaje sanitario 313
F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario 313
G. Desechos sólidos 313
VII. RECOMENDACIONES 315
A. Estudiantes 315
1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 315
2. Agua potable 315
3. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala 316
4. Drenaje pluvial 316
5. Drenaje sanitario 316
6. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario 317
7. Desechos sólidos 317
B. Entidades encargadas 317
1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate 317
2. Agua potable 317
3. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala 319
4. Drenaje pluvial 319
5. Drenaje sanitario 319
6. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario 319
7. Desechos sólidos 320

C. Sector privado....320
1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate....320
2. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala....320
3. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario....321
4. Desechos sólidos....321
VIII. BIBLIOGRAFÍA....323
IX. ANEXOS....337
X. GLOSARIO....579

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidades estimadas de agua en el mundo 8

Cuadro 2. Valores para interpretar el coeficiente de compacidad 12

Cuadro 3. Características físicas que debe tener el agua para consumo humano 22

Cuadro 4. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano 22

Cuadro 5. Métodos de análisis del agua 23

Cuadro 6. Número de establecimientos, habitaciones y camas por hospedajes, hoteles y pensiones que ofrecía Guatemala en el 2015 44

Cuadro 7. Número de establecimientos de alojamientos por municipio que ofrece el departamento de Sacatepéquez. 45

Cuadro 8. Número de establecimientos, habitaciones y camas por hospedajes, hoteles y pensiones que ofrece La Antigua Guatemala en el 2017.....45

Cuadro 9. Definición de la muestra de establecimientos de hospedaje y alojamiento.....48

Cuadro 10. Relación de los efectos hidrológicos asociados con la urbanización 54

Cuadro 11. Coeficiente de rugosidad de Manning (n) 63

Cuadro 12. Coeficientes de escorrentía (c) para áreas urbanas.....64

Cuadro 13. Periodos de retorno 67

Cuadro 14. Tipos y diámetros de tuberías de PVC.....77

Cuadro 15. Consumos residenciales típicos 82

Cuadro 16. Rangos de valores de consumos residenciales (normas RAS, Colombia, 2000).....83

Cuadro 17. DBO posible en el agua 94

Cuadro 18. DQO posibles en el agua.....95

Cuadro 19. Índice de biodegradabilidad 95

Cuadro 20. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Mateo 1 119

Cuadro 21. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Mateo 2 120

Cuadro 22. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Cristóbal El Alto 120

Cuadro 23. Resumen de puntos críticos identificados en la investigación 121

Cuadro 24. Gestión y manejo integral de desechos sólidos 135

Cuadro 25. Generación de desechos sólidos domiciliares en ton/m. 2002 136

Cuadro 26. Cobertura de servicio de desechos y destino final de los mismos por departamento 137

Cuadro 27. Identificación de botaderos y disposición final de los desechos 138

Cuadro 28. Peso molecular y densidad de gases, en condiciones normales, encontrados en rellenos sanitarios (0°C, 1 atm) 144

Cuadro 29. Distribución porcentual típica de gases de rellenos sanitarios durante los primeros 48 meses 144

Cuadro 30. Datos sobre la composición de lixiviados encontrados en rellenos sanitarios 145

Cuadro 31. Resultados de la morfometría de la cuenca del río Guacalate 159

Cuadro 32. Demografía de La Antigua Guatemala 162

Cuadro 33. Demografía de Chimaltenango 162

Cuadro 34. Cobertura de uso de suelo y coeficiente de escorrentía 163

Cuadro 35. Pendiente en la cuenca del Río Guacalate 165

Cuadro 36. Área de inundación de la cuenca del Río Guacalate 166

Cuadro 37. Área de deslizamiento dentro de la cuenca del río Guacalate 169

Cuadro 38. Estado del agua en el Río Guacalate en el municipio de Alotenango, Sacatepéquez 169

Cuadro 39. Características del pozo Pila Colorada 171

Cuadro 40. Características del pozo El Llano 172

Cuadro 41. Características del pozo El Guayabal 173

Cuadro 42. Características del pozo Santa Rosa 174

Cuadro 43. Características del pozo Candelaria 2 175

Cuadro 44.Características del pozo Candelaria 1 176
Cuadro 45. Características del pozo La Chácara 177
Cuadro 46. Características del pozo Santa Ana 178
Cuadro 47. Características del pozo Hermano Pedro 179
Cuadro 48. Características del pozo San Cristóbal El Bajo 180
Cuadro 49. Características del pozo San Cristóbal El Alto 181
Cuadro 50. Características del pozo Santa Catarina Bobadilla 182
Cuadro 51. Características del pozo San Juan el Obispo 1 La Cuchilla 183
Cuadro 52. Características del pozo San Juan el Obispo 2 Cementerio 184
Cuadro 53. Características del pozo San Pedro Las Huertas 185
Cuadro 54. Características del pozo San Pedro El Alto 186
Cuadro 55. Características del pozo San Bartolomé Plazuela 187
Cuadro 56. Características del pozo Parque La Unión 188
Cuadro 57. Características del pozo San Mateo Milpas Altas 189
Cuadro 58. Datos para cálculo de caudales de pozos 190
Cuadro 59. Datos para cálculo de caudales de pozos (continuación) 190
Cuadro 60. Geoposicionamiento de pozos 191
Cuadro 61. Características de pozos 191
Cuadro 62. Características de pozos (continuación) 191
Cuadro 63. Características del tanque Candelaria 2 192
Cuadro 64. Características del tanque El Cerro La Guardianía 193
Cuadro 65. Características del tanque El Caballo 194
Cuadro 66. Características del tanque San Juan el Obispo 2 Cementerio 195
Cuadro 67. Características del tanque San Pedro el Alto 196
Cuadro 68. Características del tanque San Juan el Obispo 1 Cementerio 197
Cuadro 69. Características del tanque Santa Catarina Bobadilla 198

Cuadro 70. Características del tanque El Llano 199
Cuadro 71. Características del tanque Santa Ana 200
Cuadro 72. Características del tanque San Cristóbal El Alto 201
Cuadro 73. Características del tanque Finca El Pilar 202
Cuadro 74. Características del tanque San Cristóbal El Bajo Rural 203
Cuadro 75. Características del tanque San Cristóbal Santa Inés 204
Cuadro 76. Características del tanque San Pedro Las Huertas 205
Cuadro 77. Características del tinaco Santa Catarina Bobadilla 206
Cuadro 78. Características del tanque El Guayabal 207
Cuadro 79. Características del tanque Buena Vista 208
Cuadro 80. Características del tanque El Hato 209
Cuadro 81. Características del tanque El Cristo 210
Cuadro 82. Características del tanque Colonia Hermano Pedro 211
Cuadro 83. Características del tanque San Mateo Milpas Altas 212
Cuadro 84. Características del tanque San Juan Gascón 213
Cuadro 85. Geoposicionamiento de tanques de distribución 214
Cuadro 86. Características de los tanques de distribución 214
Cuadro 87. Características de la estación de rebombeo El Hato 1 El Barranco 215
Cuadro 88. Características de la estación de rebombeo El Hato 2 El Tambor 216
Cuadro 89. Características de la estación de rebombeo San Felipe 1 217
Cuadro 90. Características de la estación de rebombeo San Felipe 2 218
Cuadro 91. Características de la estación de rebombeo La Guardianía 218
Cuadro 92. Características de la estación de rebombeo Los Tres Postes 219
Cuadro 93. Características de la estación de rebombeo San Cristóbal El Alto 220
Cuadro 94. Características de la estación de rebombeo Los Cerritos 221
Cuadro 95. Características de la estación de rebombeo Santa Catarina Bobadilla 221

Cuadro 96. Datos para el cálculo de caudales de rebombeos 222
Cuadro 97. Datos para el cálculo de caudales de rebombeos (Continuación) 222
Cuadro 98. Geoposicionamiento de las estaciones de rebombeo 222
Cuadro 99. Características de estaciones de rebombeo 222
Cuadro 100. Características de estaciones de rebombeo (continuación) 223
Cuadro 101. Geoposicionamiento de nacimientos.....223
Cuadro 102. Características de los nacimientos visitados 223
Cuadro 103. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos 225
Cuadro 104. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos (continuación) 225
Cuadro 105. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos (continuación) 226
Cuadro 106. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución 226
Cuadro 107. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución (continuación).....226
Cuadro 108. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución (continuación).....226
Cuadro 109. Propiedades microbiológicas y contenido de cloro del agua en pozos.....227
Cuadro 110. Propiedades microbiológicas y contenido de cloro del agua en tanques de distribución..227
Cuadro 111. Proyección de la población al año 2017.....228
Cuadro 112. Tasas de crecimiento poblacional anual (Banco Mundial).....229
Cuadro 113. Parámetros utilizados para el cálculo de caudales de diseño 229
Cuadro 114. Caudales de diseño.....229
Cuadro 115. Caudales de diseño tomando en cuenta consumo de hoteles 230
Cuadro 116. Caudales de los pozos 230
Cuadro 117. Caudales de entrada y demanda 230
Cuadro 118. Volumen total de tanques de distribución 231
Cuadro 119. Volumen actual y de demanda 231
Cuadro 120. Media de área total del hotel por tamaño. Áreas expresadas en m2.....234

Cuadro 121. Media del área total de las habitaciones del hotel según tamaño. Áreas expresadas en m2. 235

Cuadro 122. Media de la tasa de ocupación anual reportada 235

Cuadro 123. Media del total de habitaciones de huéspedes reportadas 236

Cuadro 124. Media del total de camas de huéspedes ofrecidas por el hotel según categoría 237

Cuadro 125.Media de noches promedio por huésped reportadas por el hotel 239

Cuadro 126. Media del total de sanitarios que ofrece el hotel por categoría 240

Cuadro 127. Media de dotación de agua municipal al mes reportada por el hotel según su categoría. Dotación expresada en litros 241

Cuadro 128. Media del consumo total de agua en el año 2016 por categoría. Consumo expresado en litros 244

Cuadro 129. Consumo de agua por habitación por día. Consumo expresado en litros 244

Cuadro 130. Media de consumo de agua por habitación por noche según categoría. Consumo expresado en litros 245

Cuadro 131. Media de consumo por huésped por noche según categoría. Consumo expresado en litros 246

Cuadro 132. Número de hoteles por tamaño en el municipio de Antigua Guatemala 247

Cuadro 133. Promedio de habitaciones de huéspedes según categoría en el municipio de Antigua Guatemala 248

Cuadro 134. Promedio de consumo de agua anual reportado por la muestra y el consumo aproximado del universo del estudio. Consumo expresado en litros 248

Cuadro 135. Pendientes de los tramos analizados 262

Cuadro 136. Ejemplo de la evaluación utilizada en la Matriz 268

Cuadro 137. Agrupamiento de tecnologías por proceso de funcionalidad utilizado 272

Cuadro 138. Matriz de evaluación de sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales 278

Cuadro 139. Diseño de mallas 283

Cuadro 140. Diseño de la trampa de grasa 283

Cuadro 141. Diseño inverso de la trampa de 284
Cuadro 142. Diseño del desarenador 284
Cuadro 143. Diseño inverso del desarenador 284
Cuadro 144. Diseño del RAFA 284
Cuadro 145. Diseño inverso del RAFA 285
Cuadro 146. Diseño del filtro percolador 285
Cuadro 147. Diseño inverso del filtro percolador 285
Cuadro 148. Diseño de mallas 288
Cuadro 149. Diseño de la trampa de grasa 288
Cuadro 150. Diseño inverso de la trampa de grasa 288
Cuadro 151. Diseño del desarenador 288
Cuadro 152. Diseño inverso del desarenador 288
Cuadro 153. Diseño del RAFA 289
Cuadro 154. Diseño inverso del RAFA 289
Cuadro 155. Territorios Propiedad de Municipalidad de Antigua Guatemala 298
Cuadro 156. Representación, en porcentaje, de aportación de desechos sólidos en "AMSA" 306

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico 7

Figura 2. Relación entre la forma y caudales pico en altas precipitaciones 11

Figura 3. Ejemplo para la asignación de orden y número de corrientes 13

Figura 4. Curva hipsométrica 13

Figura 5. Hidrograma 16

Figura 6. Hidrograma de escorrentía 16

Figura 7. Mapa de inundaciones de Guatemala. 19

Figura 8. Mapa de zonas de deslizamientos de Guatemala. 20

Figura 9. Volumen de agua dulce en la Tierra 25

Figura 10. Pozo y sondeo 27

Figura 11. Esquema de una tubería de flujo libre 29

Figura 12. Esquema de una tubería de presión 30

Figura 13. Esquema de línea piezométrica y ejemplo de perfil de la tubería 31

Figura 14. Curva de distribución horaria 33

Figura 15. Curva integral del tanque de distribución con suministro por gravedad y curva integral de consumo 34

Figura 16. Cambios en el uso global del recurso hídrico por turismo 40

Figura 17. Efectos hidrológicos causados por la urbanización 50

Figura 18. Crecimiento demográfico de La Antigua Guatemala, del siglo XVI al siglo XX. 52

Figura 19. Anegamiento de origen pluvial (Antigua Guatemala, 2015) 53

Figura 20. Anegamiento de origen pluvial (Antigua Guatemala, 2017) 53

Figura 21. Tipos de precipitaciones frontales 56

Figura 22. Corte transversal de una típica nube convectivo 57

Figura 23. Pluviómetro 57

Figura 24. Pluviógrafo 58

Figura 25. Pluviómetro totalizado 59

Figura 26. Relaciones entre la precipitación, el flujo del agua en el suelo, la atmosfera y la escorrentía. 60

Figura 27. Diagrama ejemplar para obtener cotas invert. 62

Figura 28. Familia de curvas IDF para distintos periodos de retorno. 69

Figura 29. Ejemplo de elevación 4ta calle poniente, Antigua Guatemala 70

Figura 30. Pendientes de las tuberías. 71

Figura 31. Mapa con isolineas de precipitación 72

Figura 32. Cálculo de tiempo de concentración. 73

Figura 33. Área tributaria de cada manzana 74

Figura 34. Perfil de una candela domiciliar 79

Figura 35. Partes del sistema de drenaje sanitario 80

Figura 36. Herramientas de acción mecánica para limpieza de tuberías con diámetro pequeño 87

Figura 37. Rejas o cribas 96

Figura 38. Esquema de un desmenuzador 97

Figura 39. Desarenador de cámaras paralelas 98

Figura 40. Tanque de preaeración 99

Figura 41. Trampa de grasas y aceites 99

Figura 42. Esquema de un tanque séptico 100

Figura 43. Esquema de un tanque Imhoff 102

Figura 44. Tanque de sedimentación con eliminación de lodos 102

Figura 45. Esquema de un RAFA 103

Figura 46. Filtro goteador o percolador 104

Figura 47. Tratamiento con lodos activados 105
Figura 48. Filtro de arena intermitente 106
Figura 49. Esquema de lagunas de estabilización 107
Figura 50. Planta de conjunto PTAR, Aldea San Mateo 1 119
Figura 51. Planta de conjunto PTAR de la Aldea San Cristóbal El Alto, La Antigua Guatemala 121
Figura 52. Sistema de drenaje para lixiviados 146
Figura 53. Utilización de geosintéticos para impermeabilización de suelo 146
Figura 54. Incinerador para desechos hospitalarios 148
Figura 55. Planta de tratamiento de clasificación 148
Figura 56. Curva hipsométrica de la cuenca del Río Guacalate 160
Figura 57. Mapa de cobertura de uso de suelo en la cuenca del Río Guacalate 163
Figura 58. Mapa de pendiente en la cuenca del Río Guacalate 164
Figura 59. Inundaciones en municipios dentro de la cuenca del Río Guacalate 166
Figura 60. Acumulación de agua en ríos por medio de GRASS 167
Figura 61. Deslizamientos en la cuenca del Río Guacalate con mapa de CONRED 168
Figura 62. Nacimiento Buena Vista 1, 2 y 3 respectivamente 224
Figura 63. Nacimiento San Cristóbal El Bajo 224
Figura 64. Índice de ocupación hotelera en Sacatepéquez del 2016. 232
Figura 65. Área total de las instalaciones del hotel. Áreas expresadas en m2 233
Figura 66. Área total de las habitaciones de huéspedes en el hotel. Áreas expresadas en m2 234
Figura 67. Tasa de ocupación anual reportada por el hotel 235
Figura 68. Total de habitaciones de huéspedes con las que cuenta el hotel 236
Figura 69. Total de camas de huéspedes ofrecido por el hotel 237
Figura 70. Área total de los salones de eventos del hotel 238
Figura 71. Promedio de noches de estadía por huésped 238
Figura 72. Total de sanitarios dentro del hotel 239

Figura 73. Promedio de descargas en el sanitario por huésped al día 240
Figura 74. Dotación de agua municipal al mes reportada por el hotel. Dotación expresada en litros ... 241
Figura 75. Consumo de agua total en el año 2016. Consumo expresado en litros 243
Figura 76. Consumo de agua por huésped por noche 245
Figura 77. Consumo de agua anual por los salones de eventos. Consumo expresado en litros 246
Figura 78. Consumo de agua anual por habitaciones vs. otros usos dentro del hotel. Consumo expresado en litros 247
Figura 79. Localización de pozos de visita con indentificación en el sureste de la ciudad 263
Figura 80. Localización de pozos de visita con identificación en el nordeste de la ciudad 264
Figura 81. Localización de pozos de visita con identificación en el noroeste de la ciudad 264
Figura 82. Localización de pozos de visita con identificación en el suroeste de la ciudad 265
Figura 83. Localización del Condado de Santa Barbara 268
Figura 84. Esquema de un tanque séptico con campo filtrante 273
Figura 85. Esquema de un sistema de montículo tipo Wisconsin 274
Figura 86. Esquema de un sistema de Evapotranspiración/absorción (ETA) 275
Figura 87. Esquema de un sistema de flujo horizontal subsuperficial 276
Figura 88. Esquema de un humedal de superficie libre 277
Figura 89. Vertedero "EL CHOCONAL" 291
Figura 90. Depósito de basura, Aldea Hermano Pedro 292
Figura 91. Pilas de recolección de lixiviados 293
Figura 92. Chimeneas liberación de gases 294
Figura 93. Terreno El Bosque, San Mateo Milpas Altas 301
Figura 94. Terreno el Llano, San Felipe de Jesús 301
Figura 95. Territorio Municipal, Finca Florencia 302
Figura 96. Incinerador deshabilitado 303
Figura 97. Vertedero Controlado "AMSA" Fase 2 307

Figura 98. Vertedero controlado "AMSA", Fase 1. Cierre técnico.....308

RESUMEN

En hidrología, es necesario visualizar este tema a nivel de la cuenca y analizar los aspectos e interacciones con el comportamiento del agua a manera en que es precipitada y la respuesta de los ríos con el incremento del caudal. Para eso, se implementan métodos para transformar el caudal de lluvia a caudal de escorrentía y determinar la diferencia con la infiltración dependiendo con el uso del suelo y pendiente. Estos factores indican las partes más vulnerables de la cuenca según el poblado y el relieve, utilizando información geográfica en una serie de capas georreferenciadas. Se propone determinar todos los parámetros morfométricos e identificar qué zonas son las más vulnerables en época lluviosa.

También se describe el estado actual del sistema de distribución de agua potable de Antigua Guatemala para la adecuación y propuesta de futuros proyectos de mejora. La información proporcionada se encuentra en tablas y en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite observar y analizar series de información por medio de vectores y rasters sobre un mapa determinado. Este se divide en tres fases: fase preliminar, fase de toma de datos en campo y fase de análisis. En la fase preliminar se realizó una recopilación bibliográfica y fichas técnicas para la caracterización de los elementos del sistema de agua potable. En campo, se obtuvieron las características de pozos, nacimientos, estaciones de rebombeo y tanques de distribución por medio de instrumentos de recolección de datos, específicamente, observación directa, mediciones, recopilación de información pública y entrevistas.

Además, se busca describir el consumo de agua de una muestra de hoteles en La Antigua Guatemala, a través de adaptar a una encuesta la herramienta virtual de la Iniciativa de Medición de Agua en Hoteles, lanzada por la International Tourism Partnership en el 2016. Después de haber levantado los datos, se ingresaron a dicha herramienta para obtener diversas mediciones del consumo de agua anual por parte de esos establecimientos. Los resultados del estudio serán de interés para las autoridades municipales y para el sector mismo, pues es necesaria la colaboración público-privada en los esfuerzos de conservación del vital líquido.

Para el casco urbano, se realiza una caracterización sobre el estado actual de los sistemas de evacuación de aguas pluviales y residuales, y la evaluación del comportamiento de los mismos ante la demanda hídrica y sanitaria en La Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, ubicada aproximadamente a 45 kilómetros de la Ciudad de Guatemala. Ya que según el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) de la Universidad de San Carlos de Guatemala en La Antigua Guatemala, los sistemas de evacuación de aguas pluviales no se dan abasto ante la demanda hídrica, provocando el anegamiento de las calles y avenidas.

Luego de actualizar dicha información, se busca identificar los principales defectos de los sistemas de drenajes para así proponer una solución a estos problemas.

Para tratar el agua sanitaria que produce la población es necesario conocer el estado actual y la problemática de las plantas de tratamiento de aguas residuales pertenecientes a Antigua Guatemala y administradas por la Municipalidad, las cuales son: San Mateo 1, San Mateo 2 y San Cristóbal El Alto. La importancia de la investigación se debe a que el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y reformado con el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017 que dicta que para el dos de mayo de 2019 todas las municipalidades en la República de Guatemala deben tener por lo menos una planta de tratamiento de aguas residuales, y que cumpla los requerimientos que dicta el acuerdo.

La sociedad actual se caracteriza por ser consumidora, y el principal efecto del consumo es el residuo. Se denomina residuo al producto que después de utilizarse ya no cuenta con un fin útil. Existe una gran variedad de residuos que se clasifican según su origen, características, peligrosidad, etc. Los lixiviados pueden alcanzar el nivel freático, contaminando el escurrimiento sub-superficial y hasta el subterráneo. Dañando así el balance hídrico y limitando el agua potable ya que el ciclo hidrológico de esta porción de agua sobre pasa el tiempo de vida de los humanos. Posteriormente se examinan los recursos actuales como estudios y territorios. Además de identificar buenas prácticas en establecimientos existentes.

I. INTRODUCCIÓN

La hidrología estudia el movimiento, distribución y calidad del agua en todas las zonas del planeta, ya sea atmosférico o superficial, tomando en cuenta las características geológicas y ambientales del lugar. El objetivo principal de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y en el medio ambiente. Se encuentran aspectos como precipitación, evapotranspiración, escorrentía, agua en el suelo, etc. Aplicaciones prácticas como la hidrología se encuentran en labores tales como diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, entre otros. Además, es necesario identificar qué cobertura de suelo se encuentra en la zona y el comportamiento del relieve de la cuenca. Con estos parámetros, uno identifica zonas de riesgo en época lluviosa. (Chow, 1994)

Según la Organización Mundial de la Salud (2006), el agua potable es aquella que no ocasiona riesgos significativos para la salud si se consume en toda una vida. Esto es tomando en cuenta las vulnerabilidades que se tienen en distintas etapas de la vida. En otras palabras, el agua potable es aquella apta para el consumo humano. La calidad del agua puede ser monitoreada a través de gestión de distribución, operaciones de tratamiento y protección de las fuentes de agua.

El agua es esencial para la industria hotelera, pues es un componente básico en la preparación de la comida, la limpieza e higiene, el confort de los huéspedes y la recreación. Asimismo, el sector depende grandemente de la supervivencia de las industrias que le proveen, tales como la agricultura y la producción de alimentos y bebidas – ninguna de las cuales podría funcionar sin suficiente agua. Un hotel con amplios programas, estrategias y modificaciones estructurales encaminadas hacia un consumo del agua eficiente podría reducir hasta un 50% del consumo de sus huéspedes por noche, comparado con los establecimientos que son indiferentes ante la problemática del agua (International Tourism Partnership, 2014). Al hospedarse en un hotel, un turista consume, en promedio, un tercio más de agua por día que alguien local (De Stefano, 2004).

Uno de los problemas de América Latina, es que la creciente demanda hídrica no va acompañada de reacondicionamiento de los sistemas de drenaje pluviales, por lo tanto, su capacidad se ve superada al cabo de su vida útil (Pedroza, R. 2007). Este es un problema que no solo se ve en Antigua Guatemala sino en todo el territorio guatemalteco, la falta de reacondicionamiento, como lo dice Pedroza, provoca que los sistemas de drenaje colapsen. Además de la inadecuada gestión de los residuos sólidos, contribuyendo a la obstrucción de canales, drenajes, conductos y bocas de tormenta, los cuales reducen su capacidad de drenaje.

Es importante resaltar que, al igual que los drenajes pluviales, existen los drenajes sanitarios y estos sistemas evitan el riesgo de inundaciones, enfermedades, socavamientos y otros eventos que ponen en peligro la vida humana. Es necesario conocer los factores de diseño, límites máximos y mínimos para realizar un buen sistema de drenaje en una comunidad. El sistema de drenajes sanitarios está conformado por tuberías y obras de arte que se utilizan para evacuar el agua sanitaria de viviendas, hoteles, comercios, etc. hasta una planta de tratamiento o un sitio de descarga previo al tratamiento. (López R. A., 2003)

Las aguas residuales son todas aquellas aguas que representan un peligro de salud y deben ser desechadas, porque contienen sustancias tóxicas y/o microorganismos (López M. E., 2003). Para el tratamiento de las aguas se deben de realizar cuatro pasos fundamentales. 1) Tratamiento preliminar: está destinado a la eliminación de sólidos mayores y sólidos en flotación. 2) Tratamiento primario: su propósito es la disminución de la velocidad de las aguas residuales, lo suficiente para que puedan sedimentar los sólidos. 3) Tratamiento secundario: depende principalmente de organismos aerobios, para la descomposición de sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. 4) Tratamiento terciario: este es también conocido como tratamiento avanzado permiten obtener mejores rendimientos de eliminación de DBO5 y materia en suspensión, así como la reducción de componentes más específicos como los nutrientes y metales (Hilleboe, 1969).

Los residuos y desechos, al no ser tratados, producen condiciones inadecuadas para la vida al degradar el ambiente, aumentando la cantidad de agentes patógenos. Estos microorganismos causan enfermedades como la presencia de materias tóxicas y generan gases que ocasionan daños a la piel, las vías respiratorias, irritación en los ojos y alergias, aparte de los efectos repulsivos a la vista y al olfato. (National Reports, 2011)

II. OBJETIVOS

A. General

- Establecer la línea base para la gestión de agua y saneamiento sostenible en Antigua Guatemala

B. Específicos

- Evaluar las características hidrológicas de la cuenca del río Guacalate, donde se sitúa el municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez.
- Evaluar el estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable en Antigua Guatemala.
- Evaluar el consumo de agua por parte del sector de hospedaje y alojamiento de La Antigua Guatemala.
- Caracterizar el estado actual del sistema de evacuación de aguas pluviales de La Antigua Guatemala; evaluando su comportamiento ante la demanda hídrica de la región.
- Evaluar el estado de los drenajes sanitarios de la ciudad de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez
- Evaluar las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales pertenecientes a Antigua Guatemala.
- Evaluar el estado actual de los sistemas de tratamiento de residuos sólidos para la población de Antigua Guatemala.

III. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes históricos

Antigua Guatemala es el nombre con el que se conoce popularmente a la ciudad oficialmente llamada Muy Noble y Muy Leal Ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, ubicada a aproximadamente 45 kilómetros de la ciudad capital de la República de Guatemala y que hoy en día es la cabecera del departamento de Sacatepéquez.

En 1541 luego del terremoto y deslave del volcán de Agua, esta ciudad fue asentada en el valle de Panchoy o Pancan. En Kakchiquel esto significa "laguna grande", por lo que es de suponer que antiguamente todo este valle estaba bajo el agua. Fue la capital de la Capitanía General de Guatemala entre 1541 y 1776.

La ciudad capital tuvo que ser trasladada el 21 de julio de 1775, debido a terremotos conocidos como los terremotos de Santa Marta. El traslado lo ordenó la Corona Española hacia el Valle de la Ermita o de la Virgen, donde desde entonces quedó asentada hasta la actualidad.

La ciudad de Antigua Guatemala fue designada como cabecera departamental en 1839 por la Asamblea Constituyente y se formalizó y oficializó la creación del departamento en 1879. Se le otorgó el título de *"Patrimonio Cultural"* en 1979 por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura).

La ciudad aún conserva edificios del siglo XVI y varias propiedades están protegidas por el valor histórico que poseen. (USAC; CEUR, 2007)

B. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

1. Demografía. La demografía estudia a las comunidades que describe todas las características que comparten y dónde están localizadas. Identifica el tamaño, estratificación y el desarrollo de la comunidad por medio de estadísticas y tendencias. Además, es una ciencia social que se encarga de analizar los procesos de desarrollo, mantenimiento y cuidados que hay dentro de una comunidad, incluyendo la ubicación y colindancias. Existen varias ramas de demografía: demografía general (teorías que existen entorno a la demografía), demografía geográfica (movilidad de las poblaciones) y demografía histórica (relaciones de fertilidad, índice de mortalidad y natalidad).

Existen dos métodos de estudio para la demografía: método compuesto y método estadístico. En el método compuesto, se combinan diferentes técnicas de estudio que permite realizar aproximaciones de acuerdo a las condiciones de la muestra de estudio. El método estadístico es más exacto porque se realizan a partir de la obtención de datos específicos en los censos. A través de métodos estadísticos, se puede relacionar los cambios en los resultados de los censos y tendencias. (Pérez, 2012)

2. Hidrología. La hidrología estudia el movimiento, distribución y calidad del agua en todas las zonas del planeta, ya sea atmosférico o superficial, tomando en cuenta las características geológicas y ambientales del lugar. El objetivo principal de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y en el medio ambiente. Se encuentran aspectos como precipitación, evapotranspiración, escorrentía, agua en el suelo, etc. Aplicaciones prácticas como la hidrología se encuentran en labores tales como diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, erosión y control de sedimentos, control de salinidad y disminución de la contaminación, uso recreacional del agua y protección de la vida terrestre y acuática. La hidrología de una región está determinada por sus patrones de clima tales como la topografía, geología y la vegetación. (Chow, 1994)

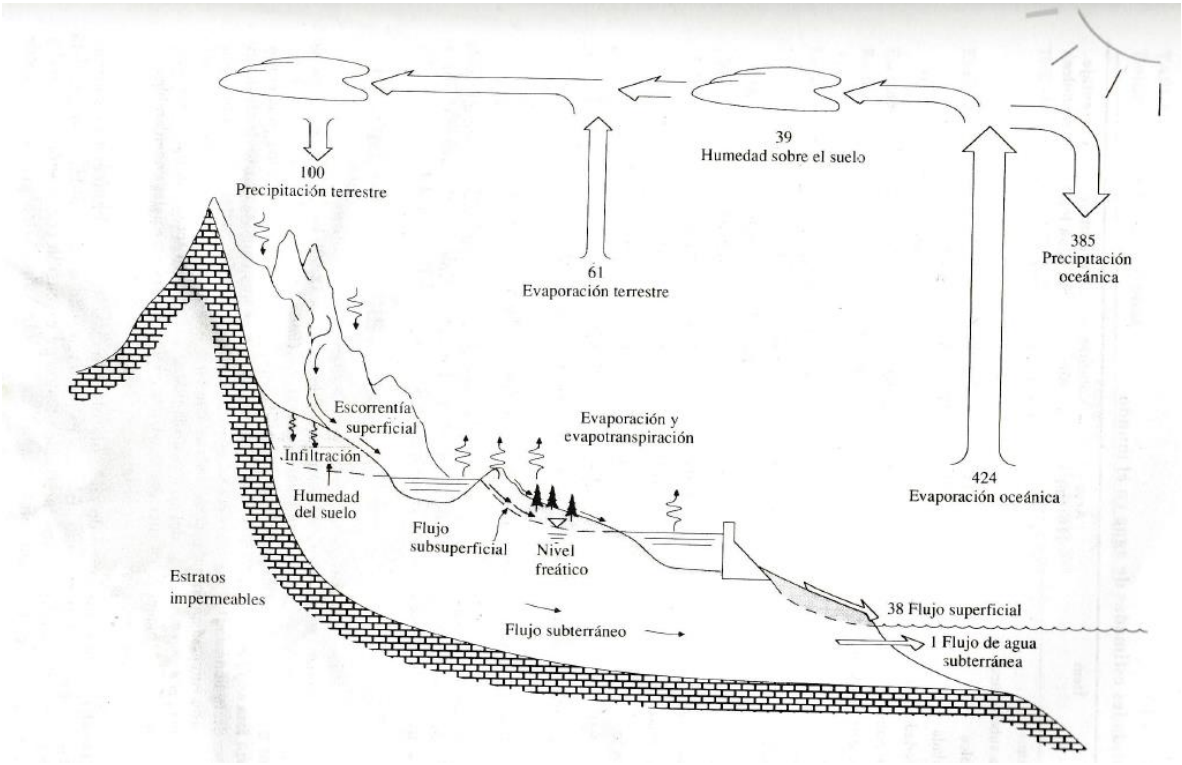
3. El recurso del agua. La escasez del agua en todo el mundo ha causado problemas debido a su contaminación y al cambio climático. Un habitante del planeta consume ahora el doble de agua que consumía durante el siglo XX, al igual que las industrias ya que hay más demanda por el crecimiento de la población mundial. En la frontera de algunos países o incluso entre comunidades se generan disputas sobre la captación, descarga o desvíos de cuerpos de agua, como lo es en el ejemplo en Turquía y Egipto, conteniendo 2.6% de la población mundial, pero disponen de sólo 0.4% de los recursos hídricos en el sector. Otra situación está entre India y Bangladesh en la cuenca del Río Ganges, donde se crearon pantanos que interceptan el agua y limitan su uso en la parte baja de la cuenca. Además, hay industrias que utilizan los cuerpos de agua como los ríos para procesos industriales donde se aprovecha casi la totalidad del caudal, generando sequías y desertizando la zona, como lo es en el caso de industrias en Georgia donde dos afluentes han sido desviados y el Lago Aral ha reducido su volumen a un 40%. (Muñoz, 2005)

En Guatemala se generaron conflictos entre el municipio de Tajumulco y de Ixchiguán por cultivos de amapola y problemas de limitación entre municipios de acuerdo a la toma de agua de los ríos para el sistema de riego. Para situaciones como esta, se llevó a cabo declarar Estado de Sitio para los dos municipios y control por parte de elementos del ejército y agentes de la policía nacional civil. Para una solución conveniente para ambos municipios, se ofreció dar una dotación de 120 sistemas de riego por bombeo y gota, con una inversión de Q51.2 millones y que cubra a dos mil ochocientas familias del sector. (Contreras, 2017)

4. Ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico es una serie de procesos donde el agua interactúa con el medio ambiente y esta misma sufre cambios debido a factores como el sol, viento, presión y temperatura. No existe un punto de partida en el ciclo, pero las moléculas del agua tienden a cambiar (por cambios de temperatura y de presión) de estado: sólido, líquido y gaseoso.

Dentro del estado gaseoso, las moléculas del agua están siendo separadas por temperatura, donde el sol proyecta sus rayos, provocando evaporación. Por lo general, la evaporación sucede en cuerpos grandes de agua, y chubascos con un día soleado por delante. Las partículas del agua comienzan a interactuar, por medio de temperaturas frías y presiones, formando pequeñas gotas. Este proceso se llama condensación, donde el agua cambia de estado gaseoso a estado líquido. Después se forman gotas de agua que van creciendo hasta alcanzar una masa crítica, provocando precipitación por medio de la gravedad. La precipitación, en algunos lugares específicos del mundo como los polos o lugares altos, se manifiesta por medio de nieve; en tormentas, se presenta granizo (si la temperatura es muy baja). Luego de precipitar, el agua escurre de acuerdo a la forma de la cuenca y desnivel del terreno, formando ríos que nuevamente desembocan en cuerpos de agua como océanos o lagos. Por otro lado, hay otro camino donde el agua se infiltra por medio del suelo, llegando a acuíferos, comúnmente llamado como aguas subterráneas. Es un proceso que requiere más tiempo transcurrir, pero de igual forma desemboca en cuerpos grandes de agua. (Bateman, 2007)

Figura 1. Ciclo hidrológico



Fuente: (Chow, 1994)

Los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos y variables, y es posible que nunca se comprenda su totalidad. Sin embargo, pueden representarse por medio de métodos simplificados con el concepto de “sistema”. Un sistema es un conjunto de componentes conectados entre sí, que se calcula y determina las características de la situación con la obtención de resultados. Estos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del agua en el ciclo hidrológico, los cuales pueden

agruparse en subsistemas del ciclo total; para analizar el sistema total, estos subsistemas se analizan por separado para facilitar los resultados y finalmente se combinan las respuestas de acuerdo a las interacciones en el ciclo hidrológico. Un sistema hidrológico es una estructura de volumen definido en el espacio, rodeado por fronteras, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y las produce como salidas. (Chow, 1994)

Cuadro 1. Cantidades estimadas de agua en el mundo

CANTIDADES ESTIMADAS DE AGUA EN EL MUNDO

Ítem		Volumen (km^3)	% de agua total	% agua dulce
Oceanos		1,338,000,000	96.5	
Agua subterranea	Dulce	10,530,000	0.76	30.1
	Salada	12,870,000	0.93	
Humedad del suelo		16,500	0.0012	0.05
Hielo Polar		24,023,500	1.7	68.6
Lagos	Dulces	91,000	0.007	0.26
	Salados	85,400	0.006	
Pantanos		11,470	0.0008	0.03
Ríos		2,120	0.0002	0.006
Agua biológica		1,120	0.0001	0.003
Agua atmosférica		12,900	0.001	0.04
Agua total		1,385,984,610	100	
Agua dulce		35,029210	2.5	100

Fuente: (Izaguirre, 2010)

La distribución de agua en todo el mundo lo dominan los océanos, con casi 97%, pero siendo esta misma agua salada, y no apta para el consumo humano. El hielo polar es uno de los cuerpos de agua dulce con mayor porcentaje, pero debido al aumento de temperatura en la Tierra, se acelera el derretimiento de las capas de hielo en los polos y se diluye en los océanos, mezclando agua dulce con agua salada y provocando un incremento del nivel de los mares. El agua subterránea predomina el mayor porcentaje de agua dulce en los continentes, el cual se infiltra a través del suelo. Debido a fuertes intensidades, mayor estrato superficial impermeable y temporadas de sequías más prolongadas, el nivel del agua subterránea desciende, provocando más inversión en temas de perforación y bombeo del agua.

Otros cuerpos de agua como los ríos y lagos son el sistema de captación de algunas comunidades en Guatemala, como lo es en el caso del Río Madre Vieja y el Río Sis, que recorren municipios de Suchitepéquez y Retalhuleu, que se abastecen del cuerpo de agua fluyente, pero al mismo tiempo vierten aguas residuales, contaminando el flujo de agua para las comunidades que se localicen aguas abajo. Además, dentro del corredor seco, se localizan entre 400 mil – 900 mil familias con amenaza de sequías, contaminación de ríos y pozos más profundos para sistemas de riego para uso de agricultura. (Muñoz, 2005)

5. Los climas

a. Zonas climáticas. La zona ecuatorial se extiende aproximadamente 23°27’ de latitud al norte y 23°27’ al sur, donde se constituye el 40% de la superficie terrestre en todo el globo. El Sol es un factor muy importante ya que brilla verticalmente en estas zonas en todo el año y el 70% del océano esta abarcado en esta zona, produciendo ascensos de aire cargados con humedad, clasificándolas como zona de calmas ecuatoriales y zonas tórridas. En estas áreas se encuentra un océano cubierto de nubes, ligeras brisas y súbitos chubascos. A medida que transcurren las estaciones, las corrientes de aire se desplazan del norte a sur junto a la posición que se encuentra el Sol. Cerca del ecuador se encuentran dos estaciones lluviosas semanas después de un equinoccio. A medida que uno se aleja de la línea del ecuador, las dos estaciones lluviosas se aproximan entre sí, llegando a converger en una estación lluviosa. A estas zonas se les denominan templadas, ya que el sol no brilla perpendicularmente y el efecto de evaporación en los océanos es menor que las zonas tropicales y tórridas. Esta zona se extiende hasta los 63° de latitud en norte y en sur. (Deming, 1979)

6. Componentes: Cuenca, ríos, lagos y superficie de terreno.

Existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. Las endorreicas son aquellas que terminan dentro de un cuerpo de agua como la cuenca de un lago o laguna, y las exorreicas drenan fuera de la unidad hidrológica, ya sea a otro río o al océano.

El río es un sistema dinámico que avanza según la pendiente, donde por lo general, erosiona en las partes más altas y sedimenta en aguas abajo. La vegetación es un factor importante del flujo del río ya que actúa como un retardador de flujo debido a su absorción. Un lago es un cuerpo de agua natural que mantiene un equilibrio biológico muy delicado y estático, donde los ríos drenan en él o son cuencas endorreicas. Los fenómenos asociados en lagos son complejos y requieren de estudios como la biología, limnología, hidrología, hidráulica, sedimentología y termodinámica. En cambio, un embalse es un cuerpo de agua artificial que se acumula luego de construir una barrera o represa para el almacenamiento de energía potencial a energía mecánica.

La superficie del terreno es el componente más importante gracias a la composición y distribución del terreno, ya que el agua escurre por gravedad conforme el relieve, formando lagos y lagunas. Además, dependiendo del estrato o suelo, el agua es infiltrada, alimentando los acuíferos y aguas subterráneas. (Bateman, 2007)

7. Características morfométricas: Parámetros asociados a la forma de la cuenca

a. Área. El área de la cuenca es la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía que está delimitado por el parteaguas. Este valor se expresa en km^2 debido a que las cuencas suelen ser de extensiones largas.

b. Perímetro. Es la longitud total sobre un plano horizontal que tiene de guía el parteaguas. Se expresa en kilómetros.

c. Longitud de la cuenca. Es la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta el punto más lejano aguas arriba.

d. Ancho de la cuenca. Es la relación entre área y longitud de la cuenca. Es un ancho promedio expresado en kilómetros para cuencas y subcuencas.

$$B = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{L}}$$

Donde:

B: Ancho de la cuenca
A: Área de la cuenca.

L: Longitud axial de la cuenca.

e. Orientación. La orientación de una cuenca es la referencia con relación al Norte para determinar donde se orienta el cauce principal. La orientación tiende a influenciar factores como el sol, inclinación, sombra y corrientes de aire dependiendo del terreno donde se encuentre la cuenca. Ejemplo: La orientación de los ríos de la costa del Pacífico de Guatemala tienen una orientación de Norte a Sur.

f. Factor de forma. También llamado relación de forma de Horton, este es uno de los índices más utilizados para medir la forma de una cuenca. El índice viene expresado por:

$$kf = \frac{A}{L^2}$$

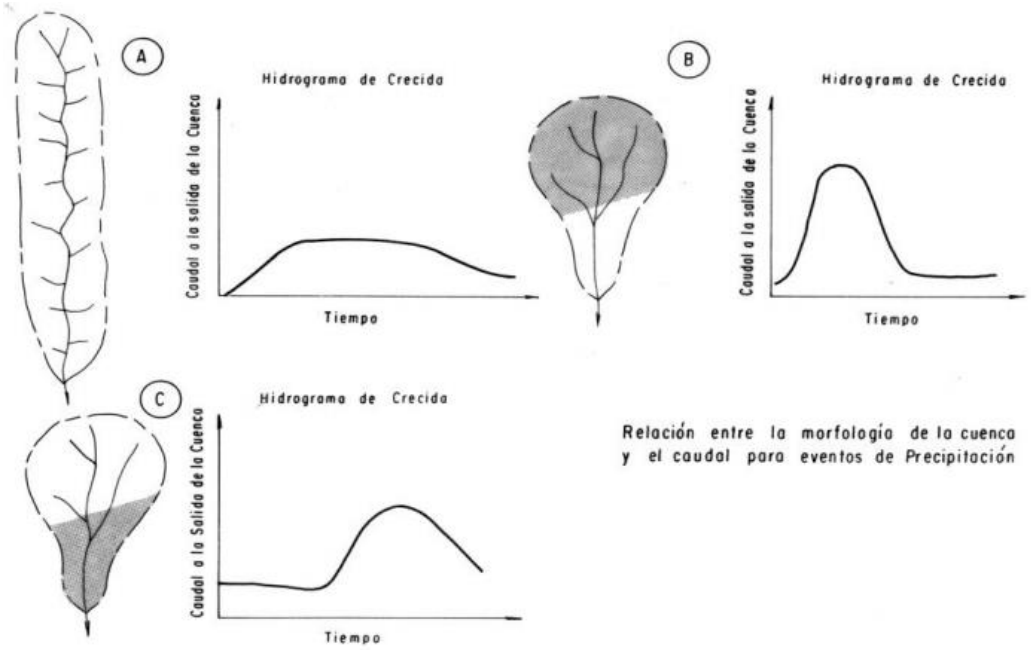
Donde:

Kf: Factor de forma.
A: Área de la cuenca.

L: Longitud axial de la cuenca

Este factor indica que tan alargada es la cuenca. A menor factor de forma, más alargada será la cuenca. Esto permite conocer parte del comportamiento de la cuenca en eventos máximos de precipitación. Las cuencas con factores de forma elevados tienen altos caudales pico de corta duración mientras que las cuencas de bajo factor de forma tienen bajos caudales que duran por más tiempo. Se denomina alargada si el factor es menor a 0.37; ensanchada si está entre 0.37 y 0.8; y muy ensanchada, mayor a 1.2. (Palaka, 2016)

Figura 2. Relación entre la forma y caudales pico en altas precipitaciones



Fuente: (Palaka, 2016)

g. Coeficiente de compacidad. También llamado índice de Gravelius, es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia de área igual a la cuenca. Se estima de la siguiente manera:

$$kc = \frac{P}{2\pi r} = \frac{\sqrt{\pi}}{2\pi}\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.282\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Perímetro de la cuenca.

A: Área de la cuenca.

El coeficiente de compacidad no puede ser menor a la unidad. Si el valor fuera uno, quiere decir que la cuenca es perfectamente circular. Una cuenca extremadamente alargada puede tener un valor de hasta 3. Entre más circular sea la cuenca, más posibilidades de producir crecientes con mayores caudales picos durante una precipitación. Entonces, a mayor coeficiente de compacidad, más alargada la cuenca y menores crecientes producirá. (Jardí, 1985)

En breve, las cuencas anchas pueden generar crecidas mayores debido a que el agua requiere de menor tiempo para atravesar la cuenca. Por este motivo, la escorrentía se concentra más rápidamente en cuencas anchas generando crecidas relativamente violentas. Si la cuenca es alargada, las crecidas son menos súbitas.

Cuadro 2. Valores para interpretar el coeficiente de compacidad

Rango de KC	Clases de Compacidad
1-1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblanga a rectangular oblonga

Fuente: (Rodríguez, 2014)

h. Densidad drenaje. La densidad de drenaje es un indicador de la eficiencia de la red de drenaje. Este indicador está dado por:

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

Donde:

Dd: Densidad de drenaje.

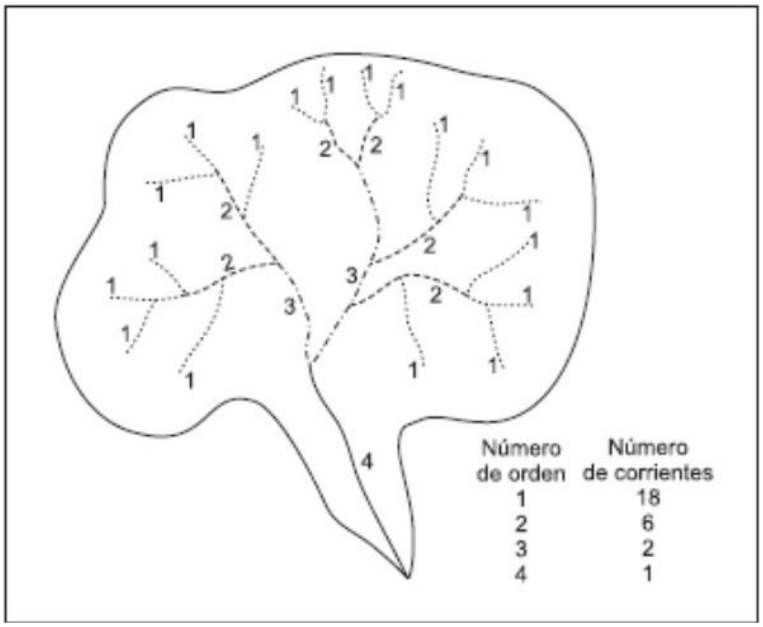
L: Longitud de corrientes perennes e intermitentes.

A: Área de la cuenca.

Este indicador permite saber que tan bien o mal drenada está la cuenca. Una alta densidad de drenaje revela que hay poca oportunidad para el agua a infiltrarse por lo que los acuíferos en la región tienen bajo rendimiento. Por lo tanto, alta de densidad de drenaje indica poco tiempo de respuesta de la cuenca y menores caudales pico. Las cuencas con alta densidad de drenaje tienen suficiente drenaje para un evento de precipitación abundante como una tormenta. Por otro lado, una cuenca mal drenada indica una lenta respuesta hidrológica y mayor oportunidad para el agua a infiltrase. Si el valor es menor a 1, la cuenca tiende a ser categorizada como baja; entre 1 y 3, se denomina moderada; y por encima de 3, pasas a ser una cuenca con densidad de drenaje alta. (Jardí, 1985)

i. Orden. El orden de los cauces permite clasificar el grado de bifurcación dentro de la cuenca. El método fue propuesto por Robert Horton y desarrollado por Strahler en 1964. El método consiste en una clasificación jerárquica de las corrientes. Se asigna de primer orden a las corrientes fuertes que no poseen afluentes. Dos órdenes iguales forman una corriente de una orden superior. Entonces, cuando se juntan dos corrientes de primer orden, el resultante es de segundo orden y así sucesivamente. Si se juntan corrientes de distinto orden, el resultante es el mayor de ambos. (Jardí, 1985)

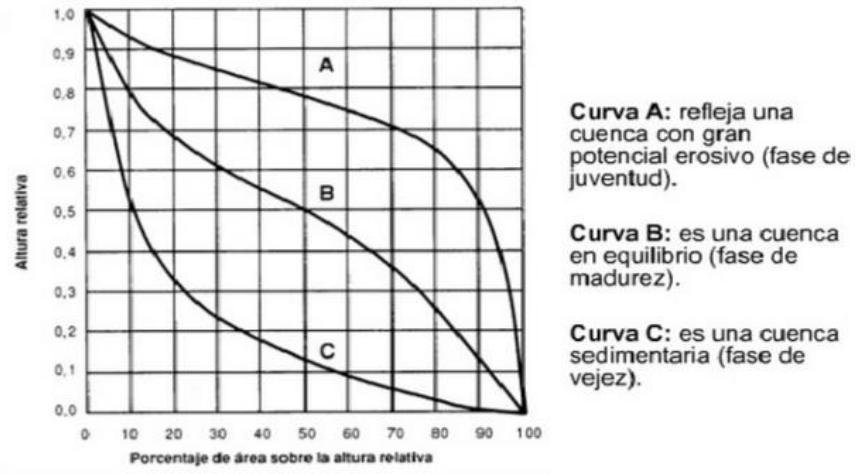
Figura 3. Ejemplo para la asignación de orden y número de corrientes



Fuente: (Viasus, 2012)

j. Curva hipsométrica. La curva hipsométrica es la relación entre la altura y el porcentaje de área que se encuentra dentro de esa misma altura. Esta curva nos indica si la cuenca está en su proceso de erosión, equilibrio y sedimentación. (Rojas, 2015)

Figura 4. Curva hipsométrica



Fuente: (Rojas, 2015)

8. Evapotranspiración. La evapotranspiración es la combinación de la evaporación terrestre y de la transpiración que se da en las plantas libera el agua en estado gaseoso que se eleva sobre la superficie debido a la radiación solar. La evaporación se produce debido a:

- La superficie del suelo y de la vegetación inmediatamente después de la precipitación junto al contacto de los rayos del sol.
- Desde las superficies de agua (ríos, lagos, lagunas, embalses)
- Desde el suelo, agua recién filtrada que se evapora desde poca profundidad en referencia a la superficie.

La transpiración sucede cuando las plantas toman agua desde las raíces y la utilizan para su crecimiento, mientras que el resto del agua utilizada es liberada a la atmosfera. (Chow, 1994)

9. Uso de suelo. El uso del suelo se refiere a la actividad dentro del terreno de acuerdo a los intereses de los propietarios, organizaciones o gobierno. Los principales usos de suelo en Guatemala son:

- Cultivos anuales y perennes
- Pastos naturales y cultivados
- Bosques
- Humedales, con y sin cobertura boscosa
- Cuerpos de agua, incluidas aquellas áreas con embales
- Centros poblados
- Carreteras y comunicaciones

(Miranda M. , 2010)

10. Método racional. Para diseñar un caudal de escorrentía, es necesario definir el área de estudio de la cuenca según las características de intensidad de la región y el área donde precipita. Para el método racional, las hipótesis son las siguientes.

- El exceso de lluvia ocurre con una duración mínima igual al tiempo de concentración de la cuenca. El caudal pico es función de la intensidad de lluvia promedio durante el tiempo de concentración.
- La intensidad de la lluvia es la misma distribuida por toda la superficie de la cuenca
- La lluvia inicia y termina al mismo tiempo en toda la cuenca
- El almacenamiento superficial en la cuenca es despreciable.

(Muñoz, 2005)

El caudal de entrada derivado de la lluvia es el producto entre el coeficiente de escorrentía por el área de la cuenca y por la intensidad de la lluvia, expresada en la siguiente ecuación.

$$Qp = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

Qp: Caudal de diseño (m3/s)

A: Área de la cuenca(ha)

i: Intensidad de lluvia (mm/h)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

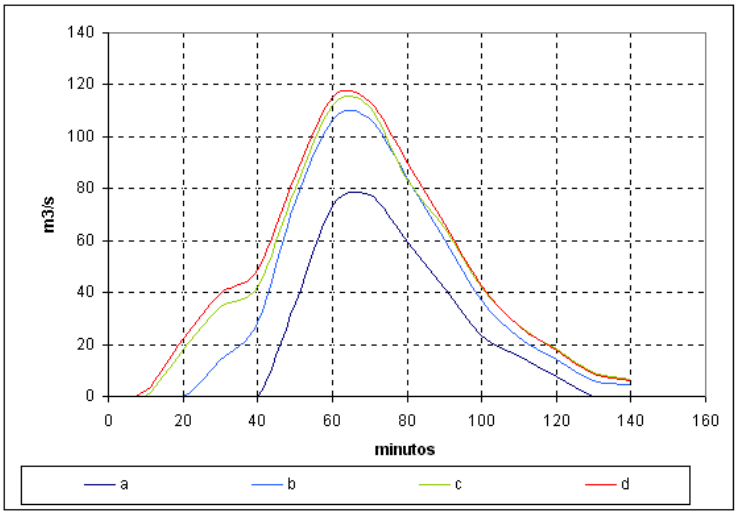
El 360 es el factor para convertir la intensidad de lluvia a m/s para que las variables puedan multiplicarse con las dimensionales correctas con el área.

11. Hidrograma unitario. El hidrograma unitario es la función de respuesta para un sistema hidrológico lineal. El hidrograma unitario de una cuenca se define como el hidrograma de escorrentía directa resultante de 1 centímetro (en el Sistema Internacional) de exceso de lluvia proveniente sobre el área de drenaje con comportamiento constante a lo largo de una duración efectiva. Esta gráfica unitaria es un modelo lineal simple que usa para deducir el hidrograma resultante de cualquier cantidad de exceso de lluvia según las características de la cuenca. Las siguientes suposiciones básicas son inherentes en este modelo:

- El exceso de precipitación tiene una intensidad constante de la duración efectiva.
- El exceso de precipitación está uniformemente distribuido a través de toda el área de drenaje.
- El tiempo base DRH (la duración de la escorrentía directa) resultante de un exceso de lluvia de una duración dada es constante.
- Las ordenadas de todos los DRH de una base de tiempo común son directamente proporcionales a la cantidad total de escorrentía directa presentada por cada hidrograma.
- Para una cuenca dada, el hidrograma resultante de un exceso de lluvia dado refleja las características no cambiantes de la cuenca.

(Chow, 1994)

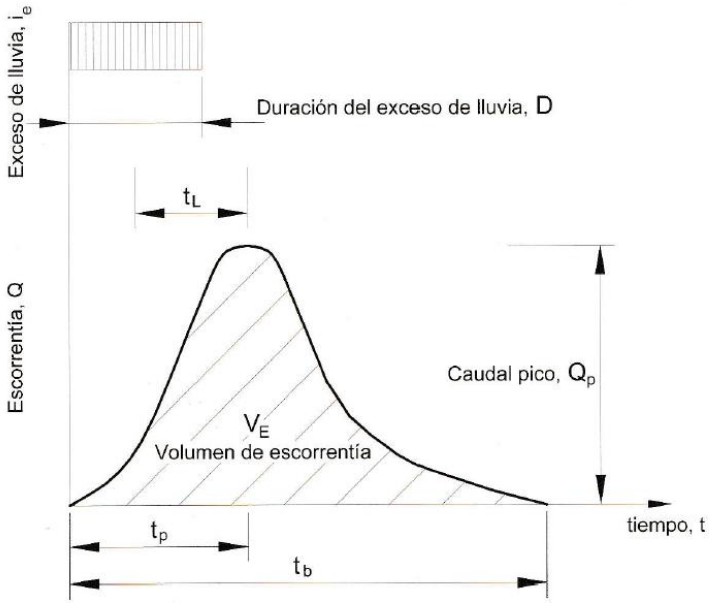
Figura 5. Hidrograma



Fuente: (Silva, 2004)

En esta imagen se puede apreciar distintas intensidades que se adaptan a un comportamiento similar en una duración efectiva para determinar el caudal de escorrentía proveniente de la lluvia. El hidrograma unitario tendrá el mismo pulso o comportamiento al menos que cambie las características climatológicas o incluso cambios de uso de suelo en extensiones de terrenos grandes (varios kilómetros cuadrados). El hidrograma proviene de los histogramas, una gráfica de barras de precipitación o caudales de ríos entre intervalos de tiempo o duración efectiva.

Figura 6. Hidrograma de escorrentía



Fuente: (Muñoz y Ritter, 2005)

Para un hidrograma de una escorrentía, el volumen total de flujo es el área bajo la curva del hidrograma anual o de una tormenta de diseño, el cual es una variación de la precipitación con respecto al tiempo del caudal de escorrentía en el punto de drenaje de la cuenca. El punto máximo del hidrograma es el caudal de diseño o pico *Qp,* con un intervalo *tp* es el tiempo necesario para que el caudal alcance el punto máximo derivado de una precipitación en tiempo anual o duración de una tormenta. La distribución temporal de la escorrentía estará dada por un tiempo *tb,* totalmente independiente a la duración de la precipitación. El tiempo de retraso *Tl* se produce entre el instante del exceso de lluvia.

12. Ríos. Un río es un cuerpo de agua que fluye por medio del terreno gracias al efecto de la gravedad debido a que el agua siempre busca los puntos más bajos para descender hasta alcanzar el nivel del mar. Gracias a estas corrientes, se forman las llanuras por su capacidad erosiva y constancia sobre el terreno, formando en sí el relieve de la superficie.

El río tiene las siguientes partes:

- Naciente: Nacimiento del río donde se origina todo el cauce.
- Curso principal: Distancia desde la desembocadura hasta el nacimiento del río.
    - Curso superior: Curso con pendiente más pronunciada, mayor velocidad de las corrientes y mayor capacidad erosiva.
    - Curso Medio: Pendiente menor que la del curso superior, mayor sección del río y menor velocidad.
    - Curso Inferior: Pendiente suave, con poca velocidad y proceso de sedimentación proveniente de la erosión de aguas arriba.
- Cauce: Cavidad por donde fluye el agua
- Desembocadura: Espacio por el cual un río vierte sus aguas en un lago o mar.
- Caudal: Es el volumen que lleva un río sobre un tiempo definido.
- Cuenca: Área de captación drenada por un río
- Vertiente: Declive de un terreno respecto a los océanos.
- Divisoria de aguas: Perímetro con las partes más altas del terreno que delimita las cuencas.

(Pedagógica, 2008)

a. Tipos de ríos

1) Perennes. Estos ríos mantienen actividad de sus corrientes a lo largo de todo el año. Estos no muestran déficit de escorrentía, ya que, al no tener lluvias en algunas épocas del año, el río sigue siendo alimentado por una capa freática suficiente. En época lluviosa, la capa freática se recarga debido a la infiltración, el cual provee más agua al río, mientras que la escorrentía lo alimenta desde la superficie. (Márquez, 2014)

2) Estacionales. Los ríos estacionales son los que encuentran grandes diferencias entre épocas (lluvias y secas) donde el río es afectado por sequías significativas que pueden durar meses e incluso años en algunas regiones del plante. En algunos casos, es posible que el río tenga problemas de alimentación de agua debido al bajo nivel freático y transportar muy poca agua. (Márquez, 2014)

3) Ríos Transitorios. Los ríos transitorios están en zonas desérticas, con clima muy seco y su caudal tiene la característica de ser inconsistente debido a la falta de agua. Cuando se presenta una lluvia o tormenta, el río se forma para drenar y transportar el agua precipitada. En ciertas situaciones se presentan peligros como el aumento instantáneo del caudal que alcanza velocidades altas durante una corta duración de la tormenta. (Márquez, 2014)

13. Análisis del agua

a. En ríos. La muestra de agua en un río tendrá mayor precisión y realidad tomando en cuenta los siguientes factores:

- Profundidad
- Caudal
- Distancia a la orilla
- Curvas de remanso
- Zonas de estancamiento

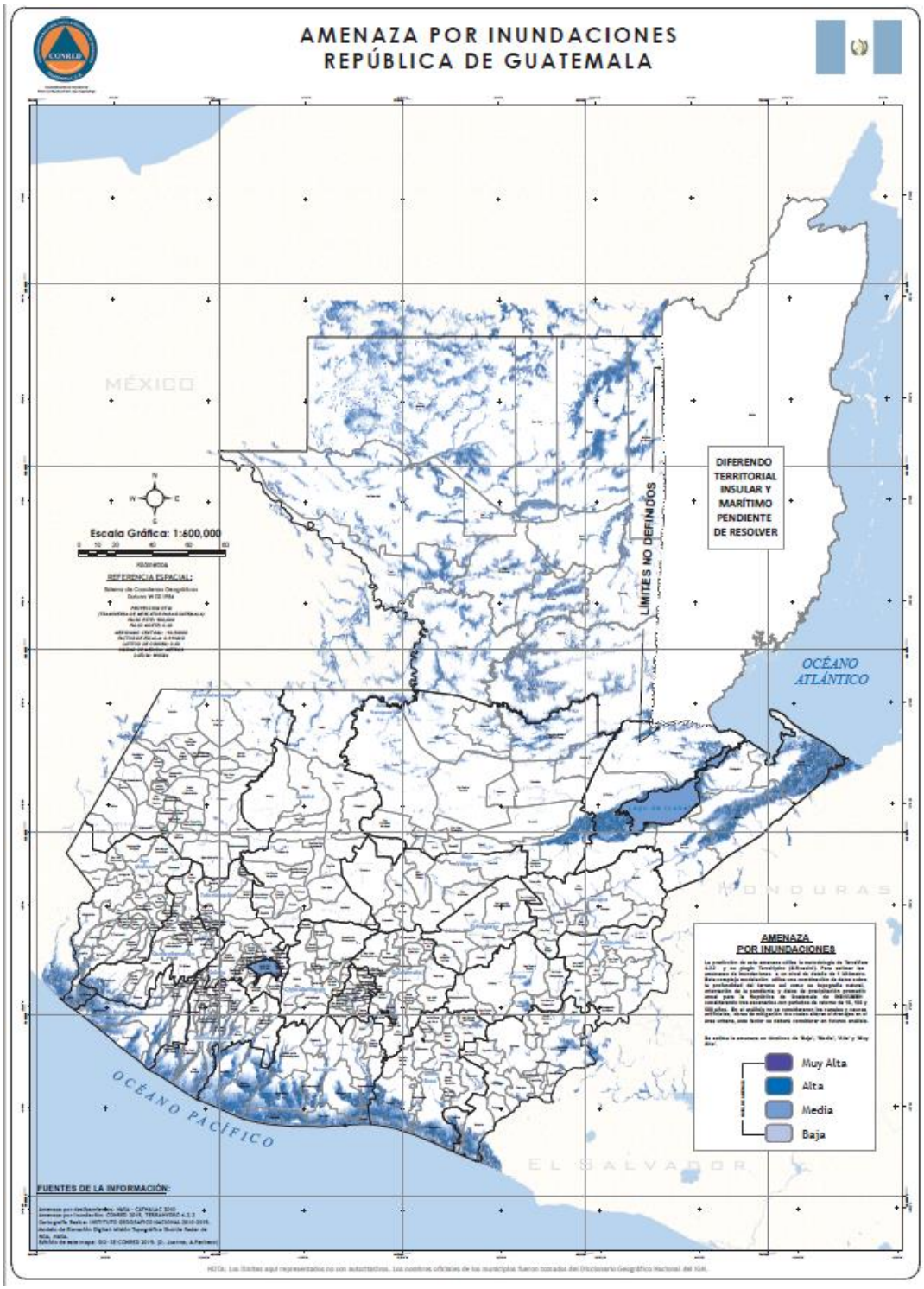
Para la toma de muestra de los ríos han de extraerse de preferencia de la zona central del río en donde fluya el agua y no se genere turbulencia, ya que esta suele ser alterada por mucho movimiento. (Antunez, 2009)

14. Zona de riesgo.

Las zonas de riesgo son las áreas vulnerables a desastres naturales que afectan a infraestructuras donde las personas corren peligro ya sean inundaciones, deslizamientos, tsunamis y en algunos casos lahares provenientes de los volcanes activos. En Guatemala, la zona del Río Villalobos, Lago Amatitlán y Río Michatoya están declarados como zonas vulnerables durante la época lluviosa, donde los desechos sólidos influye en el colapso de drenajes y obstrucciones en los ríos. (CONRED, 2001)

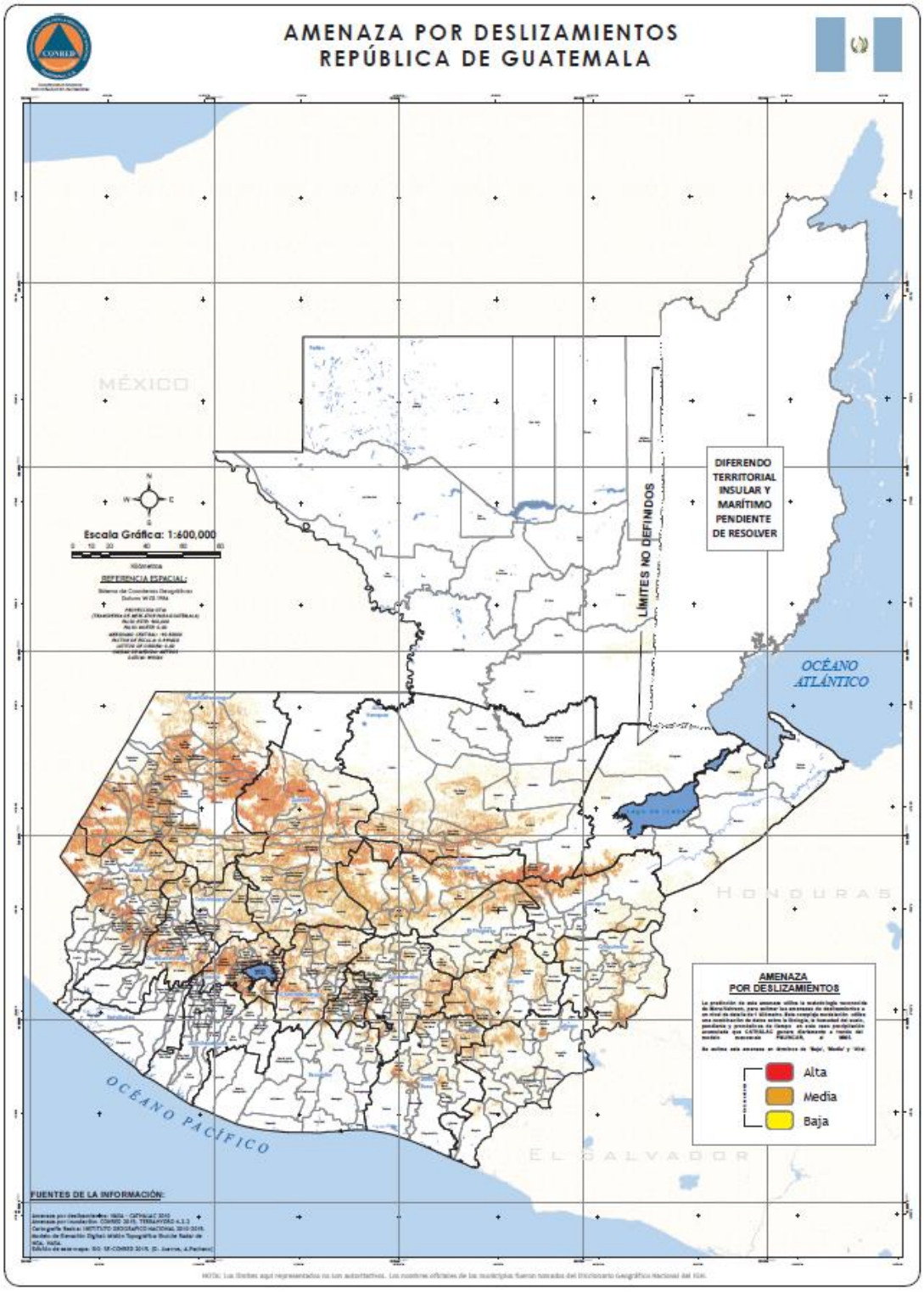
En época lluviosa, además de inundaciones, se generan deslizamientos, grandes movimientos de tierras en laderas, barrancos y taludes que tienen saturación de agua, expandiéndose debido a la inestabilidad del suelo. Otros factores que influyen a deslizamientos son los terremotos, donde se sacude la tierra, generando inestabilidad en los taludes en pendientes altas. (Montilla, 2016)

Figura 7. Mapa de inundaciones de Guatemala.



Fuente: (CONRED, 2001)

Figura 8. Mapa de zonas de deslizamientos de Guatemala.



Fuente: (CONRED, 2001)

15. Sistema de información geográfico (SIG). El sistema de información geográfico se basa en el estudio de la naturaleza plasmada y georreferenciada como una estructura tecnológica controlada por medio de vectores y rasters, describiendo la información sobre un plano o mapa seleccionado. Este sistema permite unificador y observar series de información que están compuestos por capas que coinciden para una mejor visualización. En SIG se puede analizar ríos, montañas, lagos, curvas de nivel y otros elementos que describen la naturaleza hasta carreteras, poblados, escuelas, centros de salud, etc. (Ochoa, 2003)

C. Agua potable

1. Calidad del agua. Según la Organización Mundial de la Salud (2006), el agua potable es aquella que no ocasiona riesgos significativos para la salud si se consume en toda una vida. Esto es tomando en cuenta las vulnerabilidades que se tienen en distintas etapas de la vida. En otras palabras, el agua potable es aquella apta para el consumo humano. El agua potable es entonces adecuada para todos los usos domésticos habituales. La calidad del agua puede ser monitoreada a través de gestión de distribución, operaciones de tratamiento y protección de las fuentes de agua. (Organización Mundial de la Salud, 2007)

El agua es susceptible a cambios significativos de sus propiedades físicas y químicas. Estos cambios son causados por su entorno por lo que el agua no es adecuada para consumo humano sin tratamiento. Los componentes más importantes por controlar son los que pueden afectar la salud humana. Las características que deben ser controladas para que el agua sea potable son:

- Color: Es ocasionado por materia orgánica disuelta o contaminación por efluentes industriales.
- Sabor y olor: Las principales causas de mal olor y sabor corresponden a la presencia excesiva de algunos químicos, materia orgánica en putrefacción, presencia de algas o falta de oxígeno debido a que ha estado mucho tiempo estancada. La cantidad excesiva de químicos se pueden deber a una avería en el sistema de abastecimiento o contaminación en el tratamiento como una excesiva cantidad de cloro.
- Turbidez o turbiedad: Es una medida de claridad de agua. Se presenta debido a alta cantidad de partículas finas o concentración alta de bacterias. La demasía de partículas finas puede ser causada por tratamiento insuficiente o sedimento que se ha vuelto a suspender. Altos niveles de turbiedad protegen a los organismos de algunos tratamientos por lo que se recomienda mantener los niveles de turbiedad lo más bajos posibles.
- Materia suspendida: Es la materia que no sedimenta.
- Patógenos: Son organismos que afectan la salud humana negativamente como virus y bacterias. Sus presencias se deben principalmente a contaminación de aguas residuales.
- Productos químicos: Son químicos tóxicos y nocivos causados por contaminación por aguas residuales, industriales y domésticas.

(Gray, 1994)

Se debe llevar a cabo un tratamiento que atienda las características anteriormente mencionadas para que el agua sea segura y agradable. Con este fin se han establecido normas para diversos parámetros. El agua debe cumplir con requisitos para ser considerada agua potable definidos por la norma COGUANOR 29001. Estos requisitos se resumen en características físicas, químicas y bacteriológicas. Debido a que es prácticamente imposible obtener agua 100% pura, los requisitos trabajan dentro de ciertos límites llamados límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP). 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. LMP es el valor de la concentración de cualquier característica calidad de agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano. En otras palabras, aunque el agua luzca insalubre visualmente, es posible que sea segura de beber. Sin embargo, el consumidor considera que es peligrosa para la salud, no la bebe y causa problemas con los responsables del abastecimiento. A continuación, se presentan las tablas con los parámetros físicos y químicos según la norma COGUANOR NTG 29001 para que el agua sea segura para consumo humano. (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013)

Cuadro 3. Características físicas que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u [a]
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT [b]
Conductividad eléctrica	750 µS/cm	1500 µS/cm [d]
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 [c] [d]
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
(b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
(c) En unidades de pH
(d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

Fuente: (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013)

Cuadro 4. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre[a]	0,5	1,0
Cloruro (Cl^-)	100,0	250,0
Dureza Total ($CaCO_3$)	100,0	500,0
Sulfato ($S0_4^-$)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) [b]	0,3	-----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013)

La norma establece que los métodos de análisis del agua para la determinación de sus características físicas, químicas y bacteriológicas, así como el muestreo para dichos métodos deben ser los siguientes:

Cuadro 5. Métodos de análisis del agua

COGUANOR NGO 4 010	Sistema internacional de unidades (SI)
COGUANOR NGO 29 011h2	Aguas. Ensayos físicos. Determinación del color método de referencia.
COGUANOR NGO 29 011h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de la turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012h14	Aguas. Determinación de metales. Dureza.
COGUANOR NGO 29 012h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 013h3	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Alcalinidad.
COGUANOR NGO 29 013h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro.
COGUANOR NGO 29 013h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro.
COGUANOR NGO 29 013h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrato)
COGUANOR NGO 29 013h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013h21	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos no metálicos Oxígeno disuelto. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial hidrógeno (pH).

Fuente: (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013)

a. Sistemas de abastecimientos. El agua potable debe ser distribuida por una red de abastecimiento de agua potable. Estas redes se descomponen en dos partes: la primera parte conduce el agua de la captación a la planta de tratamiento y tanques de almacenamiento y la segunda parte consiste en las redes de distribución de los tanques de almacenamiento hasta el consumidor final. Los componentes de una red de abastecimiento son:

- Captación
- Tratamiento
- Almacenamiento de agua tratada
- Red de distribución

2. Fuentes de agua. Existen distintos tipos de fuentes de agua para su captación. Las fuentes de agua más comunes son las aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas de lluvia. Las aguas subterráneas deben de protegerse de la infiltración de contaminantes por lo que se debe conocer la geología local y la dirección del flujo. En la captación de aguas superficiales, la ubicación es de particular importancia ya que se debe ubicar lejos de descargas de aguas contaminadas. En la captación de agua de lluvia se utiliza un tanque con una entrada de gran cobertura e inclinada. Se debe verificar que los componentes se encuentren libres de maleza y limpias.

a. Aguas superficiales. La captación del agua puede ser desde aguas superficiales o fuentes de agua subterráneas. El agua superficial es cualquier cuerpo de agua que se encuentra en la superficie como arroyos, estanques, lagos, embalses y ríos. La calidad y cantidad de agua en las aguas superficiales depende directamente de la cantidad y duración de las lluvias, particularmente para aguas superficiales en constante movimiento como ríos y arroyos. (Gray, 1994)

Un factor de gran importancia, pero de menor impacto es la geología de la cuenca de captación. Las condiciones del suelo muchas veces son las que determinan la turbiedad del agua, así como otras propiedades fisicoquímicas. Cuando se hacen captaciones de aguas superficiales, se tiende a utilizar ríos en lugar de lagos o embalses. Esto se debe principalmente a dos razones: 1. En lagos profundos se estratifica el agua térmicamente y 2. Severas restricciones una vez determinado el embalse. La diferencia de temperaturas entre estas capas es significativa por lo que permanecen separadas. La diferenciación de estas capas es importante ya que cuando el agua tiene poco movimiento y recibe rayos solares, permite el crecimiento de algas en abundancia que aumenta por demasiados la cantidad de nutrientes provenientes de actividades agrícolas cercanas lo que dificulta el tratamiento de potabilización. El punto de separación de las capas, llamada termoclina, varía lentamente a lo largo del año por los cambios estacionales ocasionando problemas operacionales para la extracción de agua. (Gray, 1994)

Con el objetivo de mantener misma calidad del agua, se imponen severas restricciones a cualquier actividad en la cuenca de captación para prevenir contaminación indirecta de la fuente de agua. Estas restricciones causan oposición de la opinión pública. (Gray, 1994)

La captación de los ríos se lleva a cabo mediante la construcción de una presa con el fin de asegurar una mínima profundidad. La calidad de agua del río es un factor importante debido a que la complejidad y costo del tratamiento de potabilización aumenta a medida que la calidad empeora. La presa no debe de restringir otros usos del río, pero debe garantizar la presencia de agua durante todo el año. Se debe calcular un caudal mínimo en función a las condiciones atmosféricas y el ciclo hidrológico de la cuenca de captación de tal forma que se pueda captar agua incluso en épocas secas. Una práctica común para maximizar la disponibilidad del agua y mantener el caudal mínimo en épocas secas es la construcción de un embalse en la cabecera llamado depósito de compensación. Se almacena el agua durante época húmeda y se libera en época seca. La captación debe mantener un caudal mínimo para:

- Proteger de la calidad biológica del río.
- Diluir de efluentes industriales y domésticos.
- Permitir la navegación.
- Evitar la invasión de la marea a la corriente aguas arriba.

(Gray, 1994)

b. Aguas subterráneas. Las aguas subterráneas son la mayor fuente de agua dulce del mundo. A nivel mundial, el 77% del agua dulce del mundo se encuentran en los glaciares. Estos se derriten a causa del calentamiento global por lo que el agua pasa al océano a ser agua salada por lo que no ayuda en cuanto a captación. De las fuentes de agua dulce que quedan, 97% son aguas subterráneas y 3% son aguas superficiales. Las aguas subterráneas son de gran importancia ya que la mayoría de nuestra agua potable proviene de estas fuentes (Bellino, 2012)

Figura 9. Volumen de agua dulce en la Tierra



Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2012)

La captación del agua subterránea tiene ventajas importantes por lo que son los sistemas de captación preferentes a utilizar. Las principales ventajas son:

- Buena calidad natural: Generalmente, el agua proveniente de acuíferos subterráneos es naturalmente potable por lo que hay que darlo poco o nada de tratamiento. Esto se debe al proceso de filtración de las aguas pluviales a través del suelo compuesto de varios estratos de poca permeabilidad. Esta filtración elimina turbiedades y es la razón por la que generalmente el agua subterránea se encuentra libre de bacterias y otros patógenos. Es posible entonces, encontrar agua subterránea de buena calidad bajo aguas superficiales contaminadas y actividad humana. La calidad del agua se mantiene constante lo que simplifica el tratamiento si es que hay necesidad de alguno a lo largo del año. En algunos casos, la presencia de minerales resulta agradable por lo que es embotellada como agua mineral.
- Disponibilidad: Los acuíferos se encuentran en relativa abundancia a nivel mundial. A diferencia de las aguas superficiales, las aguas subterráneas se encuentran, por lo general, cerca de los puntos de demanda lo que reducen el nivel de complejidad de las obras, así como su costo por cortas distancias de conducción.
- Costo: Las captaciones tienden a ser considerablemente menos costosas con respecto a aguas superficiales considerando que ocupan menos espacio y la operación es menos complicada. La falta de necesidad de tratamiento es la diferencia más grande con relación a las aguas superficiales. A veces se les da un tratamiento simple como precaución. Esto se traduce a bajos costos debido a menor uso de energía y equipos. Se realiza un ahorro también en la construcción de líneas de conducción ya que los acuíferos se encuentran muy cerca de los puntos de demanda. Otro aspecto en donde hay un ahorro es que las reservas de agua subterránea pueden ser de menor tamaño que las de aguas superficiales ya que la disponibilidad del agua superficial está sujeta a mucha más variabilidad.

(Bellino, 2012)

Las aguas subterráneas también presentan desventajas, la principal es el agotamiento continuo. La cantidad de agua de los acuíferos disminuye a lo largo del tiempo por lo que su nivel estático disminuye, dificultando su extracción cada vez más. Esta disminución se debe a la sobre explotación, esto es extraer más agua que la capacidad de recuperación del acuífero. Otra causa de la disminución es la reducción de la capacidad de carga del acuífero ocasionado por las actividades humanas. Las personas alteran las escorrentías naturales lo que puede disminuir la infiltración. Otra desventaja es el difícil control de su calidad ya que si se encuentra un contaminante en el agua generalmente no se conoce su origen por lo que se asume que la contaminación irá en aumento y se toma la decisión de no utilizar el acuífero para abastecimiento de agua potable. (Bellino, 2012)

3. Sistemas de captación. Los sistemas u obras de captación son obras cuyo fin es la recolección de agua de cualquier fuente. Existen sistemas de captación de agua de lluvias, agua superficial y agua subterránea. Las fuentes de agua en Antigua Guatemala son principalmente superficiales.

Una captación de agua subterránea es "una obra hacia la cual fluye el agua de los pequeños poros, cuando es extraída por medio de alguna obra artificial o implemento mecánico creando un cono de depresión que se extiende hacia los lados de la zona de extracción." (Organización Panamericana de la Salud, Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable, 2005)

Las captaciones subterráneas se pueden agrupar en tres grupos: verticales (Ej. Pozos), horizontales (Ej, galerías) y mixtas. El hecho de realizar una excavación o perforación donde ésta se llene de agua no implica un buen sistema de captación. El requisito fundamental es que el caudal de extracción debe ser tal que el acuífero se pueda llenar otra vez y el agua no se agote. En otras palabras, la extracción realizada debe ser menor a la capacidad de recuperación del acuífero. (Organización Panamericana de la Salud, Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable, 2005)

a. Pozos. Los pozos son excavaciones en la tierra con el fin de obtener una especie de túnel vertical cilíndrico que permita el acceso al fluido deseado. Los pozos se pueden clasificar por su método de perforación, así como su diámetro y profundidad.

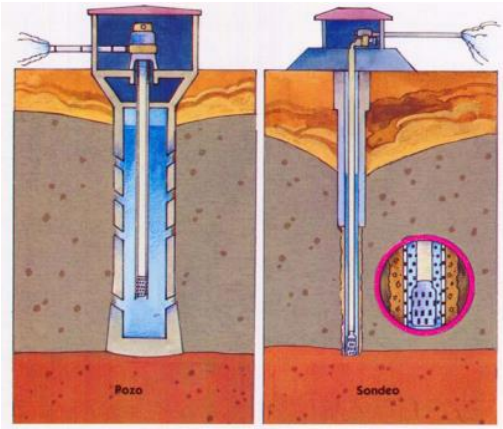
Los pozos ordinarios son los de diámetro grande, generalmente de 2 a 3 metros, y de poca profundidad (15 a 20 metros). Estos pozos se caracterizan por ser excavados a mano pues su grande diámetro permite a una persona entrar al pozo. Este tipo de pozo se emplea cuando el agua subterránea se encuentra a poca profundidad. Los sondeos son captaciones con diámetros más pequeños (inferiores a 60 cm) y de profundidades mayores a 20 metros. Esta excavación es por medio de máquinas permitiendo un menor diámetro. La mayoría de los pozos cuentan con una bomba para hacer fluir el agua hacia la superficie y llevarla a las líneas de conducción. Estas bombas pueden estar localizadas en la superficie o en el extremo inferior del pozo o sondeo realizado. Es importante resaltar que antes de establecer cualquier captación se

debe realizar un estudio hidrogeológico del lugar para determinar la capacidad del acuífero, tipo de suelo y mejor localización del sistema de captación. El proceso de construcción consiste en:

- Perforación
- Entubación
- Relleno de grava
- Desarrollo
- Cementación
- Ensayo de bombeo

(Casas, 2014)

Figura 10. Pozo y sondeo



Fuente: (Instituto Geológico y Minero de España)

La perforación se puede llevar a cabo mediante los siguientes métodos:

- Percusión: Se utiliza es preferente para terrenos duros. Este método consiste en el levantamiento y caída de una barra con punta de acero de mucha masa, llamada trépano, para destrozar roca. Se retiran los escombros mediante agua con un tubo con una válvula especial que se cierra por su propio peso.

- Rotación: Consiste en desgastar el material mediante a una barra que rota al mismo tiempo que hace fuerza de compresión. Se hace circular una corriente de lodos mientras se rota para enfriar la barra y arrastras hacia la superficie los escombros formados.

- Roto percusión: Consiste en la combinación de los dos anteriores.

(Casas, 2014)

La entubación previene el derrumbe de las paredes de la perforación. Esto puede ocurrir particularmente en suelos muy blandos. Los tubos se colocan tramo por tramo y se unen mediante soldadura. En la parte no saturada se coloca tubería ciega y en la parte saturada se coloca tubería perforada. Se debe procurar que la soldadura no provoque deformaciones o bultos en la parte interior del tubo ya que esto ocasionaría pérdidas de carga. Se recomienda un espesor de 5mm para evitar el colapso del pozo por aplastamiento de la tubería.

La tubería perforada, también llamada filtro, debe ser seleccionado cuidadosamente ya que de éste depende el paso del agua al pozo. (Casas, 2014)

Luego de la entubación se procede con el relleno de grava. Este paso consiste en rellenar con la grava seleccionada en el espacio entre la entubación y la pared de la perforación. La grava debe tener características específicas para que sea adecuada para el relleno. Entre estas características se encuentran que debe ser redondeada y limpia. Se debe tener cuidado al determinar el espesor de la capa de grava ya que una si es muy gruesa se hace vulnerable a la obstrucción por partículas finas y si es muy pequeña se dificulta la colocación. ((Casas, 2014)

El desarrollo y cementación son las etapas finales de construcción de un pozo o sondeo. El objetivo del desarrollo es la eliminación de finos en la perforación. La cementación es la utilización de hormigón para hacer de la parte del fondo de la perforación fija y en la parte de arriba para evitar contaminación. Esto evita el desplazamiento que puede ser causado por las fuerzas de las corrientes de agua. (Casas, 2014)

El ensayo de bombeo consiste en comprobar el comportamiento del pozo en funcionamiento. La información obtenida de estos ensayos permite definir el equipo de bombeo, así como su ubicación. Es recomendable empezar con un caudal bajo y constante con el fin de que el nivel del agua sea estable. Se tiene que tomar la precaución de sacar el agua a una distancia o lugar seleccionado para que no se infiltre nuevamente en la fuente de agua. Se procede entonces a aumentar poco a poco el caudal midiendo el nivel del agua entre cada cambio asegurando que el nivel se estabilice antes de proceder a otro aumento. (Casas, 2014)

b. Galerías de infiltración. Las galerías de infiltración o sólo galerías son sistemas de captación de agua subterránea o superficial. Al igual que los pozos, la construcción depende de las condiciones del suelo, profundidad del acuífero y su capacidad de recarga. Es el sistema preferente cuando se quiere un gran caudal cerca de aguas superficiales y, al mismo tiempo, limitar la disminución del nivel piezométrico. Los suelos en donde estos sistemas se ubican son generalmente blandos por su proximidad a ríos y lagos. Las galerías tienen las siguientes ventajas: facilidad en la excavación, fácil desplazamiento de agua debido a permeabilidad alta y proveen alta cantidad de agua debido a la porosidad elevada del suelo. Las galerías se clasifican en 4 tipos según sus características constructivas:

- Galerías propiamente dichas
- Zanjas o trincheras
- Drenes
- Captaciones mixtas

(Organización Panamericana de la Salud, Manual de diseño de galerías filtrantes, 2002)

c. Captaciones superficiales. Una captación superficial es también conocida como “bocatoma”. Existen distintos tipos según las circunstancias de cada proyecto. El tipo se selecciona en función de la naturaleza del cauce y la topografía particular del proyecto. En todos los casos, las captaciones deben estar ubicadas en zonas donde el suelo sea resistente a la erosión y estable. (López R. , 2003)

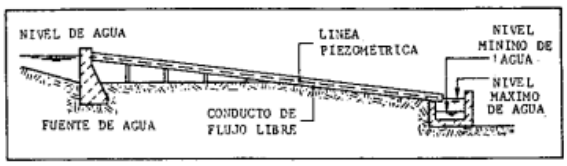
Los tipos de bocatoma son: bocatoma lateral con muro transversal, bocatoma lateral con bombeo, bocatoma de fondo, bocatoma lateral por gravedad y toma mediante estabilización del lecho.

4. Líneas de conducción. La conducción es parte importante de una red de abastecimiento de agua ya que se debe transportar el agua de la captación a la planta de tratamiento para potabilizar el agua, si hay alguno, o al área de almacenamiento y distribución. Se le llama línea de conducción al conjunto elementos que permite el transporte del agua desde la captación hasta la zona de distribución. El diseño depende de la topografía y condiciones locales. La conducción puede ser por gravedad o mediante bombeo. Generalmente se utilizan tuberías para la construcción de las líneas de conducción, pero el agua también puede ser transmitida por medio de canales, acueductos y túneles. (Organización Panamericana de la Salud, Conducción del Agua)

Los canales generalmente tienen una sección transversal trapezoidal pero no se limitan a esta geometría específicamente. Los canales abiertos no se utilizan tanto debido a que el agua es más susceptible a contaminación que en canales cerrados. En ocasiones pueden utilizarse para transportar agua no tratada. (Organización Panamericana de la Salud, Conducción del Agua)

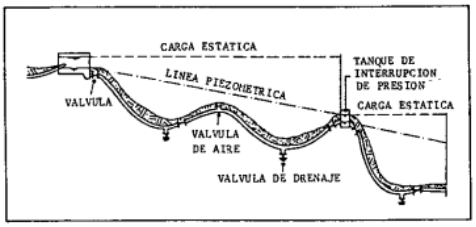
En la construcción de líneas de conducción se pueden utilizar tuberías de flujo libre o tuberías de presión. Al igual que los canales, las tuberías de flujo libre se deben colocar bajo una inclinación semejante a la inclinación de la línea piezométrica llamada “gradiente hidráulico”. Esta característica hace de las tuberías de flujo libre más dependientes de la topografía que las tuberías a presión. Una tubería de presión puede ser colocada de tal forma que el agua vaya de forma ascendente o descendente, siempre y cuando la altura sea considerablemente más baja que la de la línea piezométrica para mantener la presión a lo largo de la tubería. (López R. , 2003)

Figura 11. Esquema de una tubería de flujo libre



Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, Conducción del Agua)

Figura 12. Esquema de una tubería de presión



Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, Conducción del Agua)

5. Criterios de diseño. El diseño de una línea de conducción necesita de planos topográficos para seleccionar la ruta que tomarán las tuberías. Los criterios para considerar en el diseño de una línea de conducción son los siguientes:

a. Demanda. El caudal de demanda corresponde al caudal máximo diario (Qmaxd). Con el objetivo de obtener este valor, se deben realizar primero una serie de pasos, los cuales se describen a continuación. Se debe determinar el caudal medio diario por medio de la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{Número\ de\ habitantes * dotación}{86400} = lts/seg$$

El número de habitantes se obtiene de información estadística del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El número en el denominador es la cantidad de segundos en un día. La dotación es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario y se expresa en litros por habitantes por día (L/hab*día). Por ejemplo, según la normativa la dotación para domicilios entre 160m2 y 180m2 área de lote es de 200 litros/habitante*día. “En esta dotación se consideran los factores: clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad del agua, medición, administración del sistema y presiones del mismo.” Este valor es tomado de los estudios de demanda o se pueden asumir con parámetros del INFOM. (INFOM-UNEPAR, 1997)

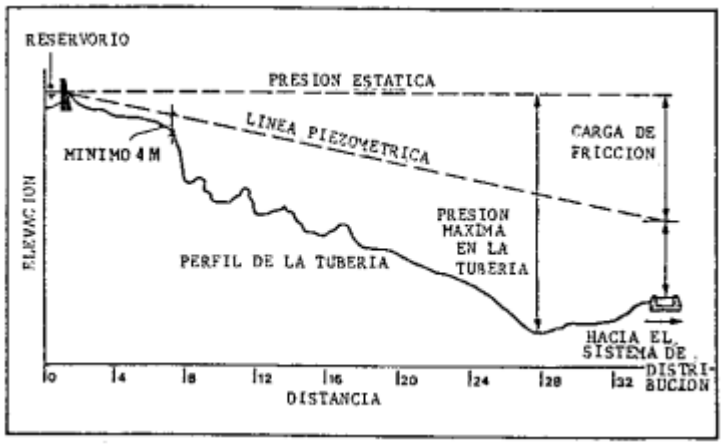
Una vez determinado el caudal medio diario (Qmd) se obtiene el caudal máximo diario (Qmaxd) con la siguiente ecuación. Este factor puede oscilar entre 1.2 y 1.5 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes o 1.2 para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

$$Qmaxd = Qmd * k1$$

Se debe tomar en cuenta que, a lo largo del día, la demanda varía considerablemente. Por este motivo, se utiliza un tanque de almacenamiento para acumular y nivelar la variación en la demanda de agua. Este tanque se llena en la etapa del día donde se consume relativamente poca agua, para que sea de uso cuando el consumo sea máximo. Este tanque es de especial importancia si se llena con un sistema de bombeo ya que es recomendable que el sistema descanse 8 horas al día. (López R. , 2003)

b. Presión. Bajo condiciones de funcionamiento, la presión es indicada por la línea piezométrica. Esta línea debe estar sobre la tubería por toda su longitud para que se exista flujo de agua. Es en función de la presión máxima que se escoge el material de la tubería. Con el fin de evitar costos altos por una presión máxima demasiado alta, se incluyen cajas rompe presión que son estructuras complementarias de las que se hablarán más adelante. La presión máxima se desarrolla también por el efecto de golpe de ariete que es cuando alguna válvula se cierra instantáneamente u otra causa que ocasione detenciones súbitas en el flujo.

Figura 13. Esquema de línea piezométrica y ejemplo de perfil de la tubería



Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, Conducción del Agua)

Para determinar la presión dentro de una tubería se utiliza la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{{V_1}^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{V_2}^2}{2g} + Hf$$

Donde:

Z: Elevación (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

P: Presión estática (kg/m2)

P: Densidad del fluido (kg/m3)

En esta ecuación, la presión se mide en unidades de distancia o metros columna de agua.

c. Estructuras complementarias. Las estructuras complementarias más utilizadas son: válvulas de aire, válvulas de purga y cajas rompe presión. Las válvulas de aire previenen la acumulación de aire en los puntos altos ya que esta acumulación provoca mayores pérdidas de carga.

Las válvulas de purga están ubicadas en los puntos bajos de la línea de conducción. El fin de estas válvulas es limpiar el sedimento que puede ser acumulado en esos puntos.

Las cajas rompe presión sirven para aliviar la línea de conducción de presiones altas para así reducir la presión máxima y poder optar a una tubería de menor costo. Se instalan cajas rompe presión cuando el desnivel entre el punto de entrada y salida es muy grande. Estos accesorios reducen la presión relativa a cero. (Chiquín, 2009)

d. Pérdidas de carga. La pérdida de carga es la energía que se consume para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido. Estas pérdidas son de fricción o locales. Las pérdidas por fricción se deben al rozamiento del fluido con la pared de la tubería por lo que dependen de la rugosidad de las paredes, la viscosidad del fluido y la velocidad a la que viaja. Las pérdidas locales se deben a accesorios como válvulas y compuertas en la línea de conducción. (López R. , 2003)

La ecuación más utilizada para el cálculo de pérdidas es la ecuación de Hazen y Williams. Esta ecuación tiene la limitante que el tipo de flujo debe ser turbulento y diámetros mayores a dos pulgadas. La ecuación es:

$$Hf = 10.67 * \left[\frac{Q}{C}\right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

Q: Caudal del agua en la tubería (m3/s)

C: Factor de fricción de Hazen Williams

L: Longitud de la tubería (m)

D: Diámetro interior (m)

6. Reservorios o tanques de almacenamiento. Su objetivo es suplir de agua un sistema de abastecimiento cuando el rendimiento de la captación es menor que el caudal máximo horario. Si sucede el caso contrario, un reservorio no es necesario y se diseña la línea de conducción para el caudal máximo horario. Existen dos consideraciones básicas: capacidad y tipo:

- Capacidad: Está en función de las fluctuaciones de la demanda a lo largo del día, es decir, de las variaciones horarias de consumo. Se debe garantizar que la demanda máxima en cualquier punto del día sea satisfecha. Se debe contemplar también la posibilidad de daños que causen déficit en el caudal proporcionado por la fuente mientras se realizan reparaciones.

- Tipos:

  - Elevados: Se caracterizan por ser construidos sobre torres. Se dividen en dos tipos:

- Los reservorios de cabecera se alimentan directamente de la captación.
- Los reservorios flotantes tienen como principal función la regulación de la presión cuando la demanda excede el suministro de la fuente.

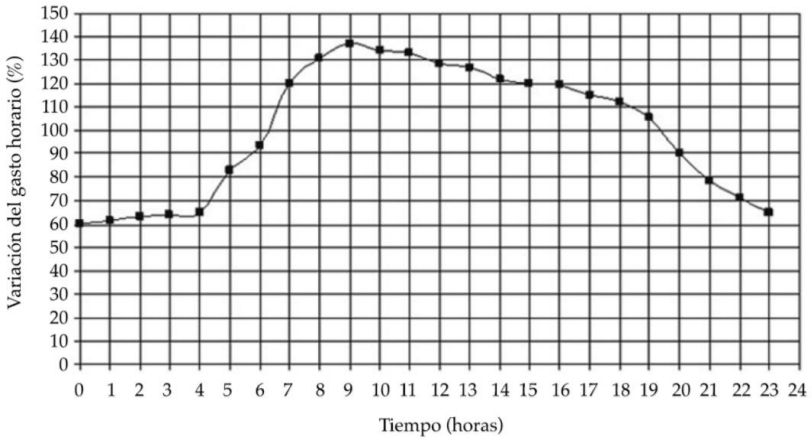
- Apoyados: Construidos directamente sobre el suelo.
- Enterrados: Cisternas, que están construidas por debajo de la superficie del suelo.

• Ubicación: La ubicación del reservorio está en función de los límites de presión de servicio en las viviendas ya que se debe mantener una presión mínima en las viviendas más altas.

(Gray, 1994)

a. Criterios de diseño. Los volúmenes de almacenamiento de los tanques de distribución dependen del consumo máximo horario de la población que el tanque abastecerá. Este consumo está en función de las costumbres de sus habitantes por lo que serán más extremas en poblaciones pequeñas ya que en estas poblaciones tienen costumbres menos variadas dentro de la población que poblaciones grandes. El consumo máximo horario se representa mediante una curva llamada la curva de distribución horaria que se muestra a continuación. La variable en el eje y puede estar en términos del porcentaje del caudal máximo horario, caudal medio diario o en términos de caudal. (Herrera, 2005)

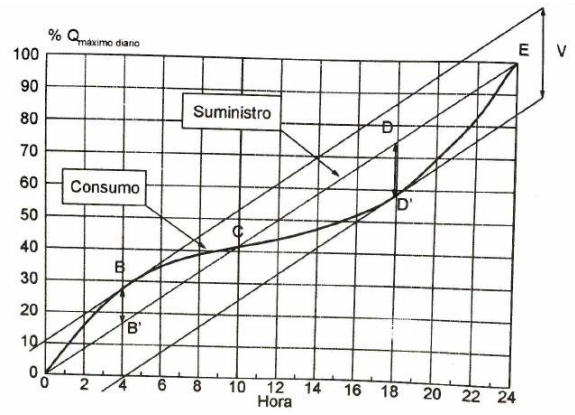
Figura 14. Curva de distribución horaria



Fuente: (Tzatchkov, 2016)

1) Método de la curva integral. Este método consiste en definir la curva integral a partir de la curva de distribución horaria. La curva integral representa el consumo acumulativo de la población por lo que siempre es ascendente y la pendiente representa el consumo instantáneo del punto. Luego de haber determinado la curva integral de consumo se procede a calcular la curva integral de suministro. Esta curva varía según el tipo de alimentación del tanque ya que puede ser alimentado por gravedad o por bombeo. La curva integral de suministro es de pendiente constante.

Figura 15. Curva integral del tanque de distribución con suministro por gravedad y curva integral de consumo



Fuente: (López R. , 2003)

En la Figura 15 se observa las curvas de consumo y de suministro. Cuando la pendiente de la curva de consumo es mayor a la pendiente de la curva de suministro, el caudal de consumo es mayor durante ese período. En la Figura 8 se puede observar que éste es el caso desde el punto D al punto B del siguiente día. Esto significa que el tanque se encuentra lleno en el punto D y vacío en el punto B ya que durante el período entre D y B el tanque se está vaciando. Las diferencias máximas en B y D entre las curvas indican el máximo déficit y el máximo exceso respectivamente. Según el método de la curva integral el volumen es calculado a partir de la sumatoria del máximo exceso y máximo déficit. Se recomienda aumentar el volumen en un 20% como factor de seguridad. Si el tanque es alimentado por bombeo se deben tomar en cuenta las curvas del tanque de succión y el tanque elevado por separado. (López R. , 2003)

2) Método empírico. En ocasiones se presentan casos donde no existe un estudio para determinar una curva distribución horaria de la población. En estos casos, se puede obtener el volumen de regulación de la demanda a partir de porcentajes empíricos del caudal medio diario. Según el INFOM, para zonas rurales se recomienda utilizar de 25% a 40% cuando el tanque es alimentado por gravedad y de 40% a 60% (entre ambos tanques de succión y distribución) cuando el tanque de distribución es alimentado por sistema de bombeo. Es recomendable utilizar los rangos mayores para poblaciones grandes y rangos menores cuando el tamaño de la población es pequeña. Este método puede resultar en volúmenes excesivos por lo que siempre es preferible determinar el volumen requerido de los tanques reguladores utilizando el método de la curva integral si es posible. (INFOM-UNEPAR, 1997)

7. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

a. Turismo. El turismo es definido por la Organización Mundial del Turismo -OMT- (S.F.) como: “las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su

entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, por negocios y otros motivos". Esto convierte al turismo en un fenómeno social, cultural y económico relacionado con el movimiento de las personas a lugares que se encuentran fuera de su lugar de residencia habitual por diferentes motivos. Estas personas se denominan visitantes (que pueden ser turistas, si pernoctan en el lugar, o excursionistas, si sólo van de paso por el mismo; residentes o no residentes). Es así que el turismo tiene efectos en la economía, en el entorno natural y en las zonas edificadas, en la población local de los lugares visitados y en los visitantes propiamente dichos (ibídem, S.F.).

Según la OMT (2016), en 2015 el número de turistas internacionales alcanzó un total de 1.186 millones, representando así un aumento de 52 millones con respecto al año anterior. Este crecimiento importante, del 5%, es parte de una buena racha en las tasas de crecimiento anuales de los últimos 6 años, habiendo crecido las llegadas internacionales un 4% o más año tras año desde el 2010. Tres factores principales influyeron en los flujos turísticos del 2015: las fluctuaciones atípicas de los tipos de cambio; la bajada estrepitosa los precios mundiales del petróleo y de otros productos, lo cual aumentó la renta disponible en países importadores, pero debilitó la demanda turística de países exportadores; y la creciente preocupación por la seguridad (ibídem, 2016). Según los pronósticos preparados por la organización antes citada, a lo largo del 2016 las llegadas internacionales seguirán creciendo a un ritmo sostenido de entre el 3,5% y el 4,5% en todo el mundo. Por regiones de la OMT, las Américas, Asia y el Pacífico reportaron un crecimiento contiguo al 6% en cuanto a llegadas de turistas internacionales, mientras que el viejo continente registró un crecimiento del 5% seguido por un 2% de Medio Oriente. A su vez, más de la mitad de los viajes turísticos internacionales se llevaron a cabo utilizando transporte aéreo (54%), mientras que los turistas remanentes llegaron a sus destinos a través de transporte por superficie (46%), bien por carretera (39%), en tren (2%) o por vías acuáticas (5%). Asimismo, los viajes por vacaciones, esparcimiento y otras formas de ocio representaron más de la mitad del total de llegadas de turistas internacionales (53%). Los negocios también fueron una motivación fuerte para los viajes internacionales, pues un 14% de los turistas internacionales indicó que viajaban por este motivo. Por su parte, las visitas a amigos y parientes, razones religiosas o peregrinaciones, tratamientos de salud, etc., reportaron 27% de las motivaciones de viaje de los turistas internacionales (Ibídem, 2016).

Los beneficios económicos del turismo son quizá la principal razón por la cual muchos países están interesados en su desarrollo. En este sentido la contribución del sector turístico a la economía mundial es, indiscutiblemente, sustancial.

Para muchos países el turismo es uno de los mayores empleadores y exportadores de servicios, y a pesar de ello, durante mucho tiempo los economistas no les habían prestado la atención necesaria a las revisiones empíricas de las posibles contribuciones del sector a la economía nacional (Papatheodorou, 1999 citado por Brida *et al*, 2008). Afortunadamente, es posible afirmar que el mundo entero ha comprendido la gran magnitud del turismo (Var, 2002 citado por Brida *et al*, 2008). Los principales impactos económicos positivos del turismo se relacionan con los ingresos por divisas, la contribución a los ingresos públicos y la generación de empleo y oportunidades de negocios.

El gasto turístico (es decir, el realizado por los visitantes en sus viajes) representa una inyección de dinero en la economía local de los destinos. Esa inyección tiene tres tipos de impactos: directos, indirectos e inducidos. Los impactos directos se ven reflejados en el aumento de los ingresos por ventas de las empresas de servicios turísticos. Por consiguiente, estas empresas les comprarán más bienes y servicios a proveedores de dentro y fuera de la región, generándose así los llamados "encadenamientos" que han de tenerse en cuenta para evaluar este tipo de impacto. Por su parte, los efectos indirectos resultan de los flujos cuando los proveedores directos compran sus insumos a otras empresas de la región que, a su vez, les compran insumos a otras empresas y así sucesivamente. Cerca de la totalidad de la industria puede verse afecta en mayor o en menor medida por un efecto indirecto del gasto turístico inicial, dependiendo de lo extendida que sea la red de la economía. Finalmente, los efectos inducidos surgen cuando los destinatarios del gasto directo e indirecto -propietarios de empresas y empleados- gastan sus ingresos. Esto, a la vez, desencadena una serie de compras por empresas intermediarias, además de incrementar el consumo, sumando al PIB y al empleo. Generalmente, los efectos indirectos e inducidos son conocidos como efectos secundarios. Estos efectos positivos del turismo en las economías locales y en el desarrollo de un territorio determinado son reconocidos por su gran relevancia, especialmente en países en desarrollo (Brida *et al*, 2008).

Es así que los gastos de visitantes internacionales en comida y bebida, entretenimiento, alojamiento, compras y otros servicios y bienes en los destinos alcanzaron una cifra de 1.260.000 millones de dólares de los EE.UU. en 2015. Estas cifras monetarias, al traducirse en términos reales, es decir, tomando en cuenta las fluctuaciones y tipos de cambio y la inflación, el crecimiento fue del 4,4% con respecto al 2014, muy similar al de llegadas internacionales. Sin embargo, estas cifras fueron diferentes regionalmente, ya que los ingresos aumentaron un 8% en las Américas, un 4% en Asia y el Pacífico y también en Oriente Medio, un 3% en Europa y un 2% en África (OMT, 2016). El turismo internacional representa el 30% de las exportaciones de servicios a nivel mundial. La cuota del turismo en las exportaciones totales de bienes y servicios pasó del 6% al 7% en 2015, siendo el cuarto año en que el crecimiento del turismo internacional supera al del comercio mundial de mercancías (2%-3%), según datos de la Organización Mundial del Comercio (ibídem, 2016), para la OMT (2016) el turismo le representa al mundo: el 10% del PIB, la creación de 1 en 11 empleos y el 7% del total de las exportaciones mundiales de bienes y servicios.

Por su parte, los impactos sociales del turismo se han descrito como los cambios en la calidad de vida de los residentes de destinos turísticos como consecuencia de esta actividad (Wall y Mathieson, 2006:227 citado por Mendoza *et al*, 2011). Más ampliamente, los impactos socioculturales del turismo se definen como las formas en que esta actividad económica transforma los sistemas de valores sociales y colectivos, patrones de comportamiento, estructuras comunitarias, estilo y calidad de vida (Hall y Lew, 2009:57 citado por Mendoza *et al*, 2011). Sin embargo, la medición de estos impactos resulta complicada, pues los límites entre las dimensiones sociales, culturales, ambientales y económicas de las comunidades locales son difíciles de distinguir con precisión. Si bien estas fronteras dimensionales no han sido definidas con precisión, se han realizado complejos esfuerzos desde hace décadas para identificar los cambios que el turismo ha generado

en las comunidades locales. A partir de una revisión bibliográfica detallada, es posible afirmar que los impactos sociales del turismo son diversos y dependen grandemente de varios factores como el tipo de turistas, el grado de desarrollo turístico y las condiciones económicas, socioculturales y políticas de la comunidad local (Mendoza *et al*, 2011). Igualmente, el grado de este impacto variará dependiendo del cambio específico que se genere en la comunidad y su capacidad de resiliencia ante dicho cambio (Beeton, 2006 citado por Mendoza *et al*, 2011). Identificar estos impactos es de suma importancia para el desarrollo sustentable de las comunidades en las que se desarrollará turismo, pues de acuerdo con Richards y Hall (2000), las comunidades locales han sido un eje central en la sustentabilidad abarcando e integrando dimensiones ambientales, económicas, políticas, culturales y sociales.

Por último, el turismo es un fenómeno complejo que genera múltiples y diversas interacciones con el medio ambiente en sus dimensiones espacio temporales. Es importante mencionar que este constituye en sí mismo un objeto de consumo turístico en función de sus valores como recursos y condiciones ambientales, a la vez que soporta el emplazamiento y funcionamiento de las actividades turísticas. Por este motivo, resulta sensato afirmar que el turismo es sensible hacia el medio ambiente ya que depende de altos niveles de confort ambiental para un óptimo funcionamiento, pero al mismo tiempo el medio ambiente es sensible al desarrollo turístico. Este doble condicionamiento refleja las estrechas relaciones de turismo con la calidad ambiental (González, 2006). El turismo, a lo mejor más que cualquier otra actividad económica, combina dinámicamente recursos endógenos y exógenos, que correctamente planificados, producen beneficios económicos, sociales y medioambientales (Falcón *et al*, 2010 citado por García *et al* 2014).

Para Martínez (2008) las principales problemáticas que envuelven al turismo y relación con el medio ambiente son la contaminación, sobreexplotación y la ocupación. Cuando hablamos de ocupación nos referimos naturalmente al turismo como consumidor de suelo, lo que explica en cierto modo que se remita usualmente en este sentido al crecimiento urbano-turístico o a la ordenación urbanística de los municipios turísticos. En cuanto a los otros tipos de impactos anteriormente mencionados (sobreexplotación y contaminación), evidentemente relacionados dialécticamente o inducidos por la ocupación desordenada a la que hemos hechos referencia. Entonces se puede decir que el turismo es una actividad económica que arrastra consigo diferentes sectores de la vida económica-social de un destino y la protección del ambiente donde se desarrolla es de vital importancia para su perdurabilidad en el tiempo, pues un inadecuado uso del mismo podría comprometer la experiencia que ofrece el destino, al medio ambiente y a las comunidades locales (García *et al*, 2014).

No obstante, los impactos socioculturales, socioeconómicos y ambientales variarán altamente dependiendo del tipo de turista que visita cada destino. Una de las clasificaciones más aceptadas por la academia es la propuesta por Plog (1974), pues se identifica al turista psicocéntrico, turista mediocéntrico y turista alocéntrico con relación a la disposición del turista respecto de ciertas motivaciones (Mantero *et al*, 2005). Es así que el turista psicocéntrico es aquel que despliega su actividad en certeza, es pasivo, privilegia el descanso y la recreación distendida, prefiere los destinos familiares, las actividades programadas, los

destinos conocidos, se desinvolucra del destino, tiene a priorizar hacer turismo en el país y a procurarse servicios usuales. Por su parte, el turista alocéntrico es aquel que busca la incertidumbre, privilegia la actividad y la recreación intensa, es activo, prefiere los destinos únicos, las actividades no programadas, se involucra en el destino, tiende a priorizar hacer turismo en sitios diferentes y a buscar servicios inusuales. Finalmente, el turista mediocéntrico es aquel que podría ser ubicado en una gradación media entre pasivo y activo, expectante, que prefiere los destinos referencias, las actividades inducidas, y cuya relación con el destino es equilibrada o fluctuante.

Esta amplia gama de impactos positivos y negativos del turismo han generado la preocupación de diversos sectores y actores por desarrollar un modelo de turismo sostenible a nivel mundial, siendo este definido por la OMT (S.F.) como: *"El turismo que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas"*. La sostenibilidad es una sombrilla que envuelve al medio ambiente, economía y las dinámicas socioculturales de los destinos, en la búsqueda infinita de un equilibrio entre estas tres dimensiones para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Por consiguiente, el turismo sostenible debe: 1. Darle un uso óptimo a los recursos medioambientales, pues son una parte esencial del desarrollo turístico, procurando mantener los ciclos ecológicos esenciales, ayudando a conservar los recursos naturales y la biodiversidad; 2. Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades anfitrionas, siendo parte de un perpetuo ejercicio de entendimiento y tolerancia intercultural; 3. Asegurar la viabilidad a largo plazo de las actividades turísticas, buscando mejorar la calidad de vida de las comunidades locales a través de programas que ofrezcan trabajo digno e ingresos justos para las mismas. El desarrollo del turismo sostenible exige la participación voluntaria y bien informada de todos los posibles agentes, bajo un diálogo horizontal que proponga soluciones creativas e innovadoras para la reducción de la pobreza y el empoderamiento local. Además, el turismo sostenible debe ofrecer los más altos estándares de calidad y buen servicio a los turistas, representando para ellos una experiencia significativa que los haga más conscientes de otras realidades y de las problemáticas que enfrenta el mundo en el siglo XXI (Ibídem, S.F.).

b. Turismo y agua. El agua es uno de los recursos naturales más preciados para el sector turístico, representando también un activo para muchos destinos turísticos. El agua es un recurso integral que mueve a la gran mayoría de empresas del sector, desde los hoteles y restaurantes, hasta instalaciones de ocio y empresas de transporte. Sin embargo, el crecimiento poblacional, el consumo desmesurado del recurso hídrico, una mala gestión del mismo, un saneamiento deficiente y los inminentes efectos del calentamiento global, representan una verdadera amenaza para las reservas de agua dulce del planeta. Bajo una proporción mundial, el turismo no consume una cantidad excesiva de agua, pues el consumo de este sector supone sólo el 1% de los recursos hídricos, frente a otras industrias como la agricultura que consume un 70% del vital líquido (Gössling, 2002 citado por OMT). Adicionalmente, ese consumo del 1% se puede reducir si la industria turística le apuesta a la eficacia hídrica, fomentando así su contribución al crecimiento económico

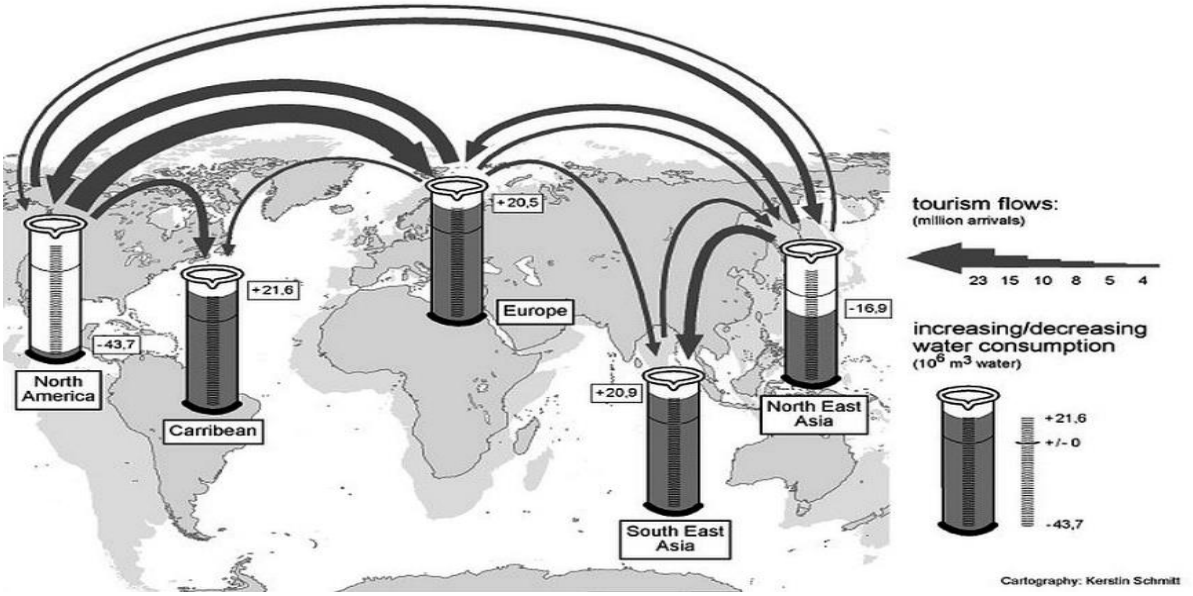
y a la creación de empleos (Informe de las Naciones Unidas sobre Economía Verde, 2011 citado por OMT S.F.).

El turismo puede contribuir a la conservación de los recursos hídricos globales mediante dos mecanismos de acción: el desarrollo turístico sostenible en los destinos de agua (zonas costeras, lagos, etc.), y una gestión eficaz y eficiente de los recursos hídricos en el marco de las actividades y operaciones del sector. Por esta razón, el sector turístico ha progresado de manera significativa en cuanto a la conservación del agua. En la actualidad, muchos hoteles y restaurantes cuentan con sistemas de eficacia probada que ayudan a la reducción del consumo de agua y mejoran la gestión de residuos, además de fomentar un comportamiento positivo entre los huéspedes en lo que se refiere al uso del agua y el aprovechamiento de los desechos alimentarios. Sin embargo, ante la imperiosa escasez del recurso hídrico, el sector turístico debe estar en un continuo proceso de innovación y la búsqueda perenne de nuevas soluciones para dicha problemática. La concientización sobre la importancia de la conservación y buen uso del agua resulta ineludible entre turistas, personal del sector y comunidades anfitrionas. Resulta entonces menester la creación de políticas y estrategias a nivel local, regional y nacional de manera conjunta entre el sector privado y público para la gestión de los recursos hídricos y de las aguas residuales (Ibídem, S.F.).

El Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente estima que, en destinos tradicionales como Europa, el sector turístico consume un total de 843 km^3 de agua anualmente. Cada turista consume 300 litros de agua dulce por día en promedio, mientras que turistas de lujo pueden llegar a consumir hasta 880 litros en la misma cantidad de tiempo. Gössling (2005 *citado por* UNEP y OMT, 2012) estima que el consumo directo de agua por el turismo internacional (hospedaje solamente) alcanza los 1.3 km^3. La información recaudada hasta el momento apunta que el uso directo del agua en turismo varía entre 100 y 2,000 litros por noche de hospedaje, con una tendencia de mayor consumo por parte de los hoteles tipo *resort*, en comparación con las pensiones, hoteles pequeños y lugares para acampar. Los elementos de hotel que más utilizan agua son los campos de golf, jardines irrigados, piscinas, spas y cuartos. Sin embargo, el consumo del recurso hídrico relacionado con el turismo sigue siendo investigado, con pocos estudios detallados en diferentes locaciones y con variados tipos de alojamiento. Además, la cantidad de investigación y estudios enfocados a medir el nivel de competencia por el uso del recurso vital entre el sector turístico y las comunidades locales aún es irrisoria. Aunque, como habíamos mencionado, el consumo de agua por el sector turístico es mínimo en comparación con otras actividades como la agricultura, industria o utilización doméstica urbana, en algunos países, así como regionalmente, el turismo puede ser el factor principal en la generación del consumo de agua. En dichas áreas, esta actividad puede incrementar la presión existente sobre los limitados recursos hídricos y competir con otros sectores de igual o mayor envergadura, así como con las necesidades de subsistencia de las poblaciones locales (Gössling 2005 *citado por* UNEP y OMT, 2012). No obstante, Dinarés y Saurí (2015) afirman que la sequía promueve cambios conductuales y técnicos, especialmente en hoteles de categoría superior. Las acciones gubernamentales en torno a la conservación del agua influyen en la

adopción de medidas de ahorro. Sin embargo, recomiendan que es importante considerar la heterogeneidad del sector hotelero en futuros análisis y en el diseño de políticas.

Figura 16. Cambios en el uso global del recurso hídrico por turismo



Fuente: (Gössling, 2005).

Tal es la importancia del turismo como un factor hacia un futuro más sostenible, que el 27 de septiembre del 2013, en la conmemoración del día mundial del turismo, el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki Moon, hizo un llamado a la responsabilidad del sector turístico en la salvaguarda y la gestión inteligente del agua. Este llamado fue ratificado por el Secretario General de la OMT, Taleb Rifai, afirmando que: "*Siendo una de las principales actividades socioeconómicas del mundo, el turismo debe asumir un papel de liderazgo y garantizar que las empresas y los destinos inviertan en una adecuada gestión del agua en toda la cadena de valor*" (OMT, 2013). Resulta entonces evidente la relevancia de conocer más puntualmente el consumo de agua por parte del sector turístico, y si este está contribuyendo a la degradación o conservación del esencial recurso azul. Una persona consume diariamente en su domicilio un promedio de 200 litros de agua, 2,5 kW de electricidad y arroja 0,6kg de residuos; mientras que el turista en un hotel de categoría alta podría llegar a consumir 500 litros de agua, 20kW de electricidad y descartar 2 kg de residuos en la misma cantidad de tiempo. Por ejemplo, un hotel con 200 huéspedes puede llegar a originar en un día 6 veces más consumo de agua, 20 veces más consumo de electricidad y 8 veces más residuos que dichas personas alojadas en su domicilio (Vallina, 2008 citado por Oddone & Alarcón, 2016).

c. Consumo de agua en establecimientos de hospedaje y alojamiento. El agua es esencial para la industria hotelera, pues es un componente básico en la preparación de la comida, la limpieza e higiene, el confort de los huéspedes y la recreación. Asimismo, el sector depende grandemente de la supervivencia de las industrias que le proveen, tales como la agricultura y la producción de alimentos y

bebidas – ninguna de las cuales podría funcionar sin suficiente agua. El vital líquido representa alrededor del 10% de las facturas de servicios públicos en muchos hoteles. A nivel mundial, la mayoría de los hoteles pagan dos veces por el agua que consumen – inicialmente por su compra y luego para su respectivo tratamiento. El ahorro del agua reduce la cantidad de aguas residuales que necesitan ser tratadas, disminuyendo así el riesgo de contaminar las principales fuentes de agua dulce. En áreas rurales remotas, también asegura que los residentes locales no se vean en la necesidad de competir con el sector por el indispensable recurso. Un hotel con amplios programas, estrategias y modificaciones estructurales encaminadas hacia un consumo del agua eficiente podría reducir hasta un 50% del consumo de sus huéspedes por noche, comparado con los establecimientos que son indiferentes ante la problemática del agua (International Tourism Partnership, 2014). Al hospedarse en un hotel, un turista consume, en promedio, un tercio más de agua por día que alguien local (De Stefano, 2004).

Según el International Tourism Partnership (2014), un hotel que desee hacer más eficiente su consumo de agua debe asegurarse de: a) satisfacer las necesidades de sus huéspedes, asegurando que se provea el vital líquido en todo momento, no obstante, utilizando equipamientos y herramientas que aseguren el ahorro en su consumo e implementando programas de concientización en los huéspedes para que sean parte de los esfuerzos de conservación del agua; b) el establecimiento de medidas de eficiencia en el consumo de agua debería convertirse en un procedimiento estándar para los equipamientos y áreas que podrían desperdiciar más agua, como la cocina, la piscina o el área de spa; c) Fijarse metas realistas que crezcan a medida que pasa el tiempo, además de fijarse mecanismos de monitoreo continuos; d) invertir en nuevas tecnologías y ser agresivos en la implementación de medidas para hacer más eficiente el consumo de agua; e) capacitar y entrenar al *staff* en todos los aspectos de la conservación del agua. Además, la misma organización propone un plan de acción bastante ambicioso:

- Llevar a cabo una auditoría en el consumo de agua en el hotel, lo cual demostrará dónde se está generando la mayor utilización de agua y dónde se podría disminuir su consumo.
- Comparar el consumo total del hotel con la competencia, y así tener la capacidad de determinar el potencial de ahorro en el consumo.
- Generar reportes mensuales de la ocupación de habitaciones y camas en el hotel (ej. el número total de huéspedes por noche). Para calcular la cantidad de agua que utiliza un huésped por noche, se divide el total de agua consumida en las habitaciones del establecimiento por el número de huéspedes que hubo ese mes.
- Utilizando los resultados de la auditoría antes explicada, es necesario trazarle metas realistas de consumo a los diferentes departamentos y al hotel en su totalidad.
- Comunicarles a todos los colaboradores que la administración del hotel está profundamente comprometida con el ahorro en el consumo de agua, también es necesario exponerles los objetivos y metas de una manera comprensible. Se les debería el consumo actual del hotel, los costos y las tendencias.

- Hay que asegurar que toda la fuerza de trabajo del hotel participe activamente en la generación de ideas y propuestas para consumir menos agua.
- Implementar mecanismos inmediatos de ahorro en el consumo de agua (ej. no enjabonar utensilios con el grifo abierto).
- Revisar constantemente los sistemas de tuberías y bombas en busca de posibles fugas.
- Instaurar un programa en el que los huéspedes puedan optar a que sus toallas y ropa de cama no sean cambiadas todos los días.
- Aprovechar cualquier incentivo financiero que ofrezcan organizaciones y/o el gobierno local para la instalación de nuevas tecnologías para el ahorro de agua.
- Durante la época lluviosa, aprovechar el agua de lluvia a través de mecanismos de captación y reutilización para riegos de plantas, limpieza de pisos, etc.
- Desarrollar procedimientos operativos estándar, y estimular la motivación entre los empleados. Premiar la excelencia siempre es recomendable.
- Unir fuerzas con la competencia para que la industria genere resultados positivos (ibídem, 2014).

d. Turismo en La Antigua Guatemala. Guatemala es poseedor de una gran riqueza cultural y natural única, contando con características y elementos que hacen que sus posibilidades para desarrollar turismo sean muy amplias, y que éste se adapte a los exigentes gustos, intereses y preferencias de visitantes provenientes de todo el mundo. Además, es un país multiétnico, multilingüe y pluricultural, con una ubicación geográfica privilegiada. Las distancias de lugar a lugar son cortas, lo que permite visitar varias regiones en un mismo viaje. Asimismo, su clima favorable atrae visitantes en cualquier época del año. Los dos aeropuertos internacionales del país, La Aurora en la ciudad capital y Mundo Maya ubicado en el departamento de Petén, ofrecen diversas posibilidades de acceso desde cualquier lugar del mundo (Zorita, 2016).

En el país, la industria turística está diversificada para diferentes segmentos y nichos de mercado, dada su variedad de oferta y de perfiles de visitantes. La oferta turística del país se divide en:

- Turismo de sol y playa: el territorio cuenta con costas en los Océanos Atlántico y Pacífico, en donde se pueden practicar diversas actividades de recreación (ej. pesca deportiva, surf, voleibol de playa, etc.). En la costa del Océano Pacífico existen playas de arena volcánica (negra) junto con reservas naturales. Estas costas son el lugar ideal para la pesca del pez vela, deporte por el cual el país fue reconocido como número uno de la región y segundo en el mundo. A su vez, la costa del Mar Caribe ofrece ricos ecosistemas y las experiencias de la cultura garífuna. Esta región también posee playas de arena blanca, así como áreas naturales de especial belleza (ibídem, 2016).
- Turismo de congresos y negocios: Guatemala le ofrece al visitante de negocios una posición geográfica privilegiada, una extensa oferta hotelera, infraestructura y experiencia para

congresos, convenciones y viajes de incentivo. El país cuenta con hoteles de cadenas internacionales de cuatro y cinco estrellas, además de modernas instalaciones con grandes espacios y capacidades. Adicionalmente, la cercanía de la ciudad a destinos turísticos como La Antigua Guatemala o el Lago de Atitlán, le permite al turista de negocios disfrutar de nuevos destinos y experiencias (ibídem, 2016).

- Turismo de naturaleza: el país cuenta con 7 diferentes ecosistemas: selva tropical húmeda, selva tropical lluviosa, selva de montaña, chaparral espinoso, bosque de montaña, selva subtropical húmeda, sabana costera del pacífico. Esta amplia diversidad de climas, hábitats y especies le ofrece al visitante la capacidad de realizar actividades relacionadas con la apreciación, conocimiento y conservación de la naturaleza (ibídem, 2016).
- Turismo cultural: Guatemala es primordialmente un destino cultural, ya que ofrece manifestaciones culturales originales, auténticas y únicas. La naturaleza multiétnica del país le ofrece al visitante el conocimiento de diversas experiencias dentro de un mismo territorio, además de tener la oportunidad de conocer la rica historia de Guatemala a través de sus varios sitios arqueológicos, ciudades coloniales y museos modernos (ibídem, 2016).
- Turismo de salud: Guatemala es un destino atractivo para el visitante que requiere de un tratamiento médico, ya que se combinan servicios de salud de primera clase con un hermoso destino turístico de ocio. Además, el país no sólo ofrece tratamientos convencionales de medicina occidental, pues también existen tratamientos propios de la medicina tradicional maya. Todos estos factores, sumandos al excelente clima primaveral, ideal para recuperaciones y relajamiento, precios competitivos y el trato amable al visitante, hacen a Guatemala muy atractivo para este segmento (ibídem, 2016).
- Escuelas de español: el país es uno de los destinos favoritos para el aprendizaje del idioma español, con métodos de enseñanza personalizados y un sistema regulado por el Ministerio de Educación de Guatemala. Además, los diferentes destinos les ofrecen a los estudiantes de español la posibilidad de hospedarse en casas de familias guatemaltecas, con quienes comparten su vida diaria, adquiriendo así un vocabulario más amplio y una experiencia más enriquecedora (ibídem, 2016).

La oferta hotelera en Guatemala se ha caracterizado por estar en una fase de expansión durante los últimos años, lo que se traduce en un mayor número de establecimientos y, por consiguiente, un aumento en la disponibilidad de habitaciones y camas. En el 2015 se experimentó un crecimiento del 2,5% en el número de alojamientos en el país. Comúnmente, el INGUAT ha valorado la oferta de hospedaje de acuerdo con tres categorías: hoteles (subclasificados de 1 a 5 estrellas), pensiones (categorizadas con la A, B y C), y hospedajes (mientras que los hospedajes sólo ofrecen alojamiento, las pensiones también cuentan con servicios de alimentación si el usuario lo desea). Así, el total de hospedajes en Guatemala para el primer trimestre de 2015 era de 855 hoteles, menos de la mitad que hospedajes (1,744). De hecho, las pensiones tan sólo suponen el 8% del total de establecimientos del país (ibídem, 2016).

Cuadro 6. Número de establecimientos, habitaciones y camas por hospedajes, hoteles y pensiones que ofrecía Guatemala en el 2015

Tipo de establecimiento	No. De establecimientos	%	Habitaciones	%	Camas	%
Hospedaje	1,744	61%	24,098	50%	55,506	44%
Hotel	885	31%	20,668	43%	61,539	49%
Pensión	243	8%	3,629	7%	8,256	7%
Total	2,872	100%	48,395	100%	125,301	100%

Fuente: (Rico, 2016)

No obstante, estas cifras contrastan con el número de habitaciones totales, ya que los hospedajes pierden participación a favor de los hoteles, que suponen un 43% del total de habitaciones de alojamiento de visitantes, nacionales e internacionales, del país. En cuanto a camas, los hoteles ya suponen el 50% del total, frente al 44% de hospedajes. Con estos datos es posible extraer la capacidad media de un hotel en Guatemala, que se sitúa en 23 habitaciones por hotel, frente a las 15 de las pensiones y 14 de los hospedajes. Al estudiar el número de camas, un hotel promedio cuenta con 70 camas, mientras que la media de camas en un hospedaje es de 31 y la de una pensión es de 33 (ibídem, 2016).

El INGUAT (2015) reportó el arribo de por lo menos 1, 778, 182 visitantes internacionales en el 2015, representando esto un crecimiento anual del 7.3% con respecto al año 2014, en el que llegaron 1,657, 257 de personas de otros países. La misma organización informa que el 56% de estos visitantes provienen de los demás países de Centro América, mientras que el 29% proceden de América del Norte. Porcentajes menores se reportan de visitantes europeos (7%), suramericanos (4%) y del resto del mundo (3%). La duración de la estadía de los turistas internacionales fue de 7 noches, con un gasto diario promedio de 81.30 dólares americanos y un gasto total de 623 dólares americanos en promedio. A su vez, la mayoría de los turistas internacionales se alojaron mayormente en hoteles (52%) casas familiares (41%) y otros (7%). Es así que el turismo generó 1,063.7 millones de dólares americanos en divisas para el país en el 2015 (INGUAT, 2015).

Según el mismo reporte, La Antigua Guatemala fue el destino más visitado (43%), seguido por Esquipulas (15%), Ciudad de Guatemala (10%), Tikal (10%), Atitlán (9%), Quetzaltenango (3%) y otros (16%). No es de extrañar la masiva cantidad de visitantes que recibe la ciudad colonial año tras año, pues desde que fue declarada “Patrimonio Mundial de la Humanidad” por la UNESCO en el 1979, miles de turistas nacionales e internacionales se han dejado encantar por sus calles empedradas y edificios barrocos. En el 2013, Sacatepéquez contaba con una oferta de 154 establecimientos de hospedaje diseñados para turismo, con una capacidad de 2,130 habitaciones y 6,225 plazas-cama. El mercado se ha segmentado principalmente por la proveniencia (nacionales e internacionales) de los turistas que pernoctan en La Antigua Guatemala, o bien, por el motivo de la visita (ocio o negocios). En la ciudad colonial se halla más de 90% de la capacidad de hospedaje de Sacatepéquez, tanto en establecimientos como en habitaciones y plazas-cama. Las ciudades aledañas de Ciudad Vieja, San Juan Alotenango, Jocotenango, Santa Lucía Milpas Altas y Sumpango

reportan solamente uno o dos establecimientos de alojamiento turístico (Oddone & Alarcón, 2016). Actualmente, según los registros del INGUAT (2017), el panorama aún no ha cambiado, pues más del 86% de la oferta hotelera se encuentra en La Antigua Guatemala.

Cuadro 7. Número de establecimientos de alojamientos por municipio que ofrece el departamento de Sacatepéquez.

Municipio	Frecuencia	%
Alotenango	2	1.01
Antigua Guatemala	172	86.87
Ciudad Vieja	5	2.53
Jocotenango	3	1.52
San Antonio Aguas Calientes	1	0.51
San Bartolomé Milpas Altas	1	0.51
San Lucas Sacatepéquez	1	0.51
San Miguel Dueñas	1	0.51
Santa Lucía Milpas Altas	6	3.03
Santiago Sacatepéquez	3	1.52
Santo Domingo Xenacoj	1	0.51
Sumpango	2	1.01
Total	198	100

Fuente: realización propia con información del INGUAT (2017)

Cuadro 8. Número de establecimientos, habitaciones y camas por hospedajes, hoteles y pensiones que ofrece La Antigua Guatemala en el 2017

Tipo de establecimiento	No. De establecimientos	%	Habitaciones	%	Camas	%
Autohotel	1	1%	1	0%	8	0%
Hospedaje	92	53%	957	39%	2589	35%
Hotel	69	40%	1413	57%	4479	60%
Pensión	10	6%	110	4%	363	5%
Total	172	100%	2481	100%	7439	100%

Fuente: realización propia con información del INGUAT (2017)

e. La iniciativa de medición de agua en hoteles. La Iniciativa de Medición de Agua en Hoteles o HWMI, por sus siglas en inglés, es el resultado de 18 meses de trabajo para el desarrollo de una metodología y una calculadora online, que le permite a cualquier hotel del mundo medir y reportar su consumo de agua de una manera consistente. Los miembros de la International Tourism Partnership, 18

cadenas hoteleras reconocidas a nivel global como Hilton Worlwide, InterContinental Hotels Group, Marriot International, entre otros, han colaborado en la generación de esta importante herramienta. Además, fungió como ente consultor una de las firmas de negocios profesionales más grandes del mundo, KPMG. Asimismo, se trabajó con un panel de expertos en el tema de consumo de agua, especialmente el Stockholm Water Institute (SIWI), la Water Footprint Network, CDP y el CEO de Water Mandate (International Tourism Partnership, 2016).

La International Tourism Partnership (ITP) ya ha generado herramientas útiles y exitosas en el pasado, ya que actualmente su herramienta de medición de la huella de carbono en hoteles es utilizada por más de 24,000 hoteles a nivel mundial. El desarrollo de esta nueva herramienta es la respuesta de la industria ante la imperante necesidad de atacar a uno de los problemas más grandes que enfrenta la humanidad actualmente: la escasez de agua. La generación de datos e información resulta vital para conocer cuáles son las mejores estrategias y acciones más adecuadas ante esta problemática. Esta metodología y herramienta puede ser utilizada por cualquier hotel, sin importar su tamaño, locación o tipo. La ITP alienta a todos los hoteles del mundo a utilizar dicha herramienta (ibídem, 2016).

Esta metodología fue diseñada específicamente para calcular la cantidad de agua consumida por habitación ocupada (y por huésped cada noche, si se cuenta con los datos necesarios), y por cada salón de eventos por hora. Es así que la metodología se compone de tres pasos: 1) la recolección de datos acerca del hotel, sus proporciones, sus fuentes de agua y su ocupación habitual; 2) el ingreso de los datos recogidos a la herramienta calculadora; 3) la obtención de los resultados acerca del agua utilizada por habitación, salones sociales por hora y por huésped cada noche. Las suposiciones con las que la herramienta fue diseñada con las siguientes: el agua utilizada en las habitaciones de huéspedes está distribuida en la ducha/tina y sanitarios. Los demás usos del agua en los hoteles están repartidos entre las piscinas, cocinas, baños públicos, etc. Entonces, bajo estas premisas, la metodología HWMI ha divido el consumo de agua entre las habitaciones de huéspedes y otros usos de la siguiente manera:

- Consumo de agua en las habitaciones = un tercio (1/3).
- Demás usos de agua en el hotel = dos tercios (2/3).

La base de esta separación entre consumo de agua por habitación y las áreas comunes se encuentra en el área total de éstas (o espacio de piso). Se reconoce que el número de huéspedes es una fuerza vital que determina cuánta agua se consume en un hotel, no obstante, un gran número de hoteles no cuentan con estos datos exactos (ibídem, 2016).

1) Lavandería externalizada. La cantidad de agua utilizada en el servicio de lavandería de un hotel tiene una huella significativa en la huella total del consumo de agua del mismo. Es así que este elemento se ha convertido en una pieza vital de las acciones medioambientales tomadas por la industria. Esto se demuestra con acciones como alentar a los huéspedes a reutilizar sus toallas durante su estadía. No obstante, varios hoteles externalizan (*oursource*) algunas de sus operaciones de lavandería o todas. El agua consumida

por estas operaciones externalizadas debe estar incluida dentro del análisis de la huella de consumo de agua en un hotel para así comparar el consumo del vital líquido por el sector en general. El proveedor de estos servicios podría tener los datos necesarios para conocer cuánta agua consume, sin embargo, si no tiene estos datos, esta cantidad puede ser calculada con base en la suposición de que 20,000 litros de agua son utilizados para lavar una tonelada de ropa sucia. Esta aproximación está fundamentada en las discusiones que se tuvieron con los grupos consultores para generar la herramienta. En caso de desconocimiento del tonelaje de ropa sucia lavada, este dato se puede calcular bajo la suposición de que cada habitación manda a la lavandería 0.00512 toneladas de ropa (ibídem, 2016).

La fórmula para calcular la lavandería externalizada (*outsourced*) es:

- 20,000L (o 706 pies cúbicos, 4,399 galones imperiales, 5,283 galones estadounidenses) de agua utilizados por tonelada de ropa sucia * Total de toneladas de ropa sucia lavada para el año de reporte (ibídem, 2016).

2) Fuentes de agua subterráneas o superficiales no medidas. El grupo desarrollador de la herramienta HWMI acordó que el agua extraída de fuentes de agua subterránea no medida es usualmente utilizada para operaciones sanitarias y en el mantenimiento de los exteriores del hotel (ej. regado de plantas). Estas fuentes deben ser tomadas en cuenta en la huella de consumo de agua de los hoteles, pues representa más del 5% de este total. Las técnicas de medición utilizadas para calcular este consumo de agua en hoteles que la obtienen subterráneamente sin medición son las siguientes:

- Saneamiento
    - La utilización diaria de agua se obtiene con la ecuación:
        - Número de sanitarios utilizando agua sin medición * la capacidad de los sanitarios * número estimado de descargas.

Este estimado debe ser extrapolado anualmente, asumiendo que el hotel funciona los 365 días del año. El número de descargas aproximado es de 4-6 veces por día. La capacidad de los sanitarios se refiere a la cantidad de agua utilizada para una descarga. Si esto se desconoce, un estimado de 13 litros (o 0.46 pies cúbicos, 2.86 galones imperiales, 3.43 galones estadounidenses) por descargas para el propósito de esta metodología (ibídem, 2016).

- Mantenimiento y atracciones acuáticas
    - Determinar si el uso de agua debido al mantenimiento del suelo y/o atracciones acuáticas es relevante para el total de la huella de consumo de agua del hotel basado en:
        - El tamaño de los jardines/suelos es relevante al total de la huella de consumo de agua.

Si un hotel tiene jardines y suelos “pequeños” (menor al 5% del área total del hotel), esta fuente de agua puede ser ignorada (ibídem, 2016).

Si los suelos del son más grandes que el 5% del área total del hotel, este dato puede ser calculado así:

- Área total del hotel*número de semanas de irrigación* agua utilizada en promedio por m^2 por los suelos por semana.

3) Espacios privados. Estos espacios son aquellos que no son accesibles tanto para huéspedes como invitados (ej. apartamentos privados, clubs privados) y no tienen relación alguna con el hotel (el hotel le alquila un piso a una empresa externa). Si el consumo de agua de estos espacios está incluido dentro de la factura de agua del hotel, esto debería ser excluido del análisis (ibídem, 2016).

f. Universo y muestra de estudio. El universo del estudio eran todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento que se encontraban dentro de los límites del casco urbano de La Antigua Guatemala. La categorización de estos establecimientos se diseñó en torno al número de habitaciones de huéspedes que ofrecen, ya que el INGUAT (2017) no cuenta con un registro adecuado de la clasificación hotelera y de hospedajes establecida en el Acuerdo Gubernativo No. 1144-83 (ver Anexo 1). No obstante, se tomaron algunos aspectos de esta normativa para el análisis de los resultados de esta investigación. Es así que la muestra planteada quedó dividida de la siguiente manera:

Cuadro 9. Definición de la muestra de establecimientos de hospedaje y alojamiento.

Tamaño del establecimiento	Número de habitaciones	Tamaño de la muestra
Pequeño	4-20	3
Mediano	21 – 50	3
Grande	51 en adelante	3
Boutique hotel	2-10	3

Se diferenció a los hoteles *boutique* de los pequeños porque este término se utiliza para describir hoteles de entornos íntimos, generalmente lujosos y se encuentran en antiguas casas. Un hotel *boutique* busca proporcionarles un servicio personalizado a sus huéspedes, por lo que sus precios son usualmente más altos que los de un hotel estándar con el mismo número de habitaciones (Baca Cuba, 2013).

g. Variable de investigación. Las variables analizadas descriptivamente tenían el objetivo principal de arrojar resultados acerca del consumo total de agua por los hoteles de la muestra, siendo las siguientes: área total del hotel, área total de las habitaciones de huéspedes, número de habitaciones, tasa de ocupación anual, dotación mensual de agua: municipal, de pozo, cisterna y otras fuentes, número de sanitarios y duchas dentro del hotel, área total de campos y jardines con riego constante, la implementación

de programas de capacitación en conservación del agua para sus colaboradores y la implementación de programas de concientización en ahorro de agua para sus huéspedes. A su vez, la herramienta virtual lanzó los resultados de las siguientes variables: el consumo de agua anual del hotel, el consumo por habitación y por huésped por día, la proporción del consumo de agua por las habitaciones de huéspedes y la proporción de consumo de agua por los salones de eventos.

h. Instrumento. Se diseñó una encuesta (ver Anexo 2) con 37 ítems a partir de la Iniciativa de Medición de Agua en Hoteles o HWMI, por sus siglas en inglés. Esto quiere decir que las preguntas incluidas en el instrumento se formularon con el motivo principal de obtener los datos necesarios para su ingreso en esta calculadora virtual, y así tener la capacidad de calcular el consumo de agua de cada establecimiento encuestado. Además, se agregaron algunas preguntas acerca de la temporalidad del consumo y programas implementados por los hoteles para el ahorro de agua. La encuesta está divida en diferentes secciones, que buscan obtener información precisa sobre las diferentes acomodaciones, servicios e instancias en las que consumen agua los establecimientos.

D. Drenaje pluvial

1. Efectos de la urbanización en el proceso de escorrentía. Lo que se pretende analizar es: ¿Qué pasa cuando se cambia el uso del suelo, de un estado natural a un estado urbanizado? Una gran parte de su superficie que tenía vegetación o suelo natural se vuelve impermeable, debido a la construcción de casas (techos y patios), calles, banquetas y estacionamientos. Los efectos de esta impermeabilización son varios, por ejemplo, la lluvia ya no se infiltra y por lo tanto el volumen de escurrimiento se incrementa su superficie es más lisa, de manera que transporta más eficientemente el flujo y existe menos almacenamiento (ver figura 17). (Campos, 2010)

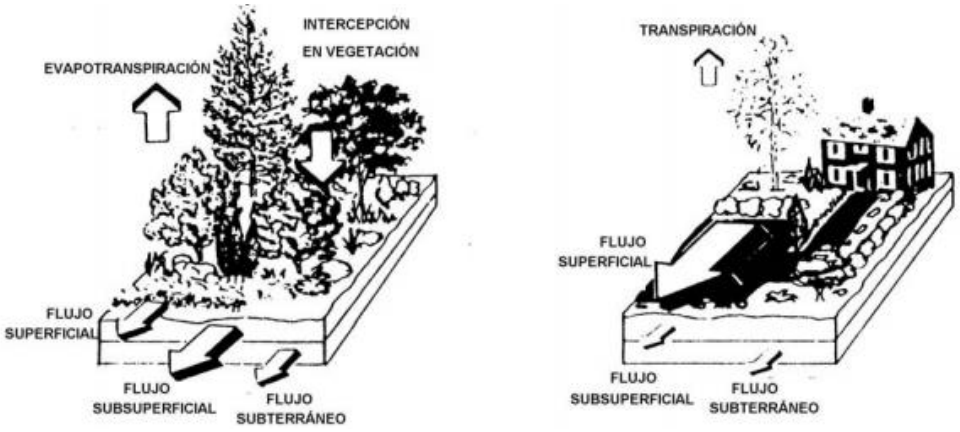
a. Escorrentía. Más adelante se explica que es la escorrentía, pero en este capítulo se pretende mencionar, el efecto que produce la urbanización a la escorrentía. La escorrentía es provocada, en ámbitos naturales, cuando el suelo llega a su punto de saturación y este incapaz de seguir absorbiendo el agua de lluvia, provoca que se creen láminas de agua en la superficie terrestre y a medida que llueve estas empiezan a crecer hasta que, si hay pendiente, comienza a escurrir.

El suelo siempre seguirá absorbiendo cierta cantidad de agua, por eso el coeficiente de escorrentía de un suelo natural es mucho más bajo que un suelo pavimentado. En el capítulo B se encuentra el cuadro donde se especifican a detalle los diferentes tipos de escorrentía para diferentes tipos de superficie. En la Figura 17 se observa cómo es afectado este proceso.

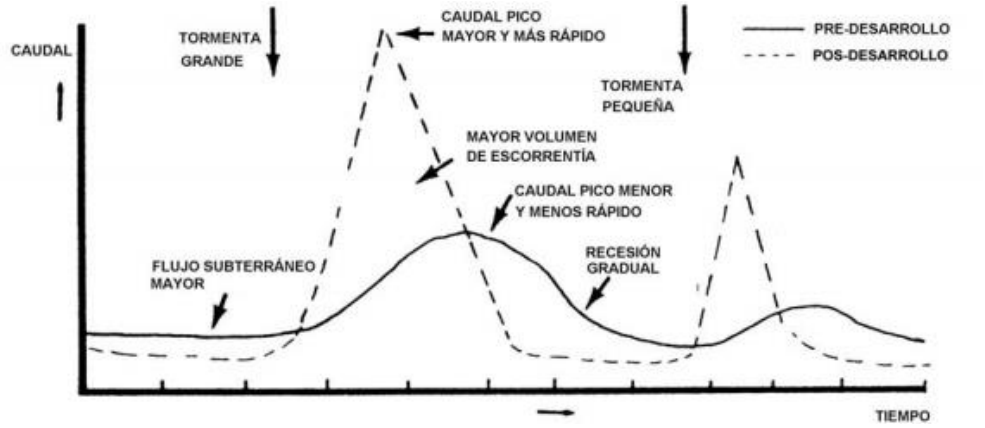
Campos (2010) cita al Servicio Geológico de los Estados Unidos, el cual hace una comparación real del efecto de la urbanización para la zona metropolitana de Houston, Texas, indicado que "*los caudales máximos de periodos de retorno 2 y 100 años se han incrementado por un factor de 9 y 5, respectivamente, cuando la impermeabilización pasó del 1% (área rural) al 35% (área urbana)"* y además hizo otro aporte, para la zona

de la bahía de San Francisco, California, donde *"los caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, aumentaron por un factor de 4.2, 3.5, 2.8, 2.6 y 2.5 respectivamente".*

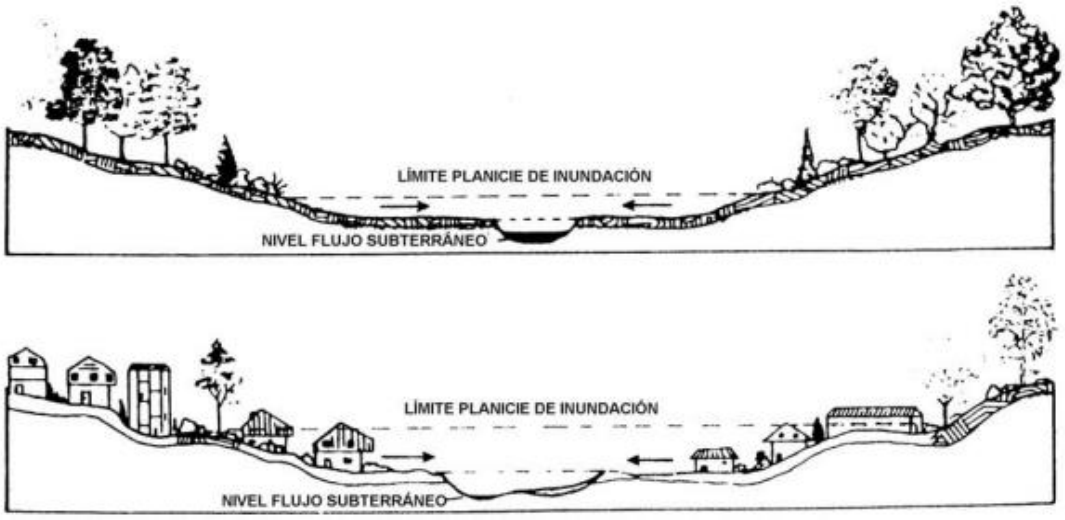
Figura 17. Efectos hidrológicos causados por la urbanización



(a)



(b)



(c)

Fuente: (Pedroza, 2007)

Como se observa en la Figura 17 (a) en condiciones naturales las pérdidas de escurrimiento son mayores comparadas con una zona urbana. Esto se debe a que en condiciones naturales la evapotranspiración, almacenamiento superficial, intercepción en cobertura vegetal e infiltración aportan una significativa pérdida de escurrimiento a la hora de una precipitación. Esta pérdida se reduce en zonas urbanizadas, principalmente la infiltración, por lo tanto, hay mayor escurrimiento. Este aumento de escorrentía crea tres problemas: (Pedroza, 2007)

- La distribución temporal del escurrimiento es más rápida: En zonas urbanas el incremento de superficies impermeables aumenta, debido a las calles, cunetas y sistemas de drenaje lo que conduce la escorrentía más rápido de lo que lo hacen las superficies naturales. Lo que provoca que aumente la velocidad del flujo, originando que la recarga sea más corta o nula.
- Los caudales y niveles pico son mayores: En la Figura 17 (b) se observa como los caudales pico aumentaron significativamente en una zona urbanizada, esto provocado por un mayor volumen escurrido en un tiempo más corto. Lo que trae como consecuencia una mayor posibilidad de inundación en áreas bajas como se ve en la Figura 17 (c).
- Se modifica la calidad del agua en cuerpos receptores: La contaminación de los cuerpos de agua, principalmente ríos y lagos cercanos, se debe mayormente a las aguas pluviales urbanas. Esta contaminación se debe fundamentalmente al lavado que produce la escorrentía de contaminantes acumulados sobre las superficies impermeables, generados por las actividades urbanas, como desechos sólidos, el tránsito vehicular, entre otros.

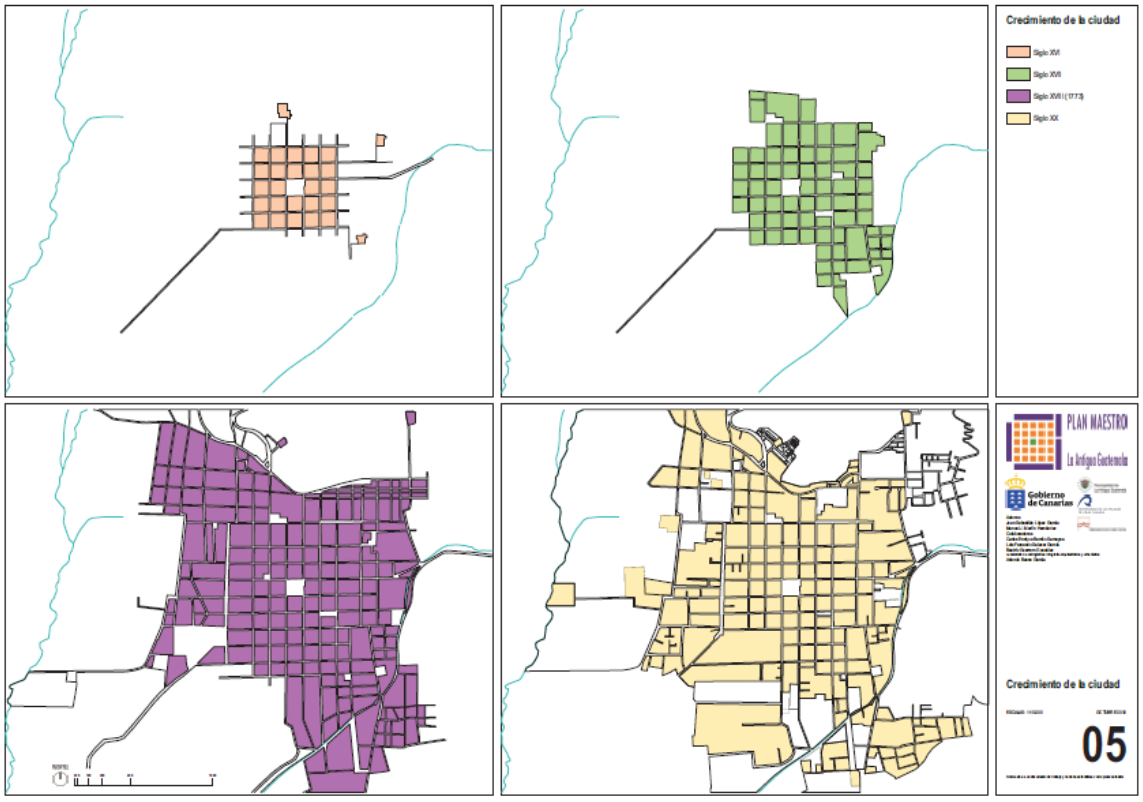
(Pedroza, 2007)

Uno de los problemas de América Latina, es que la creciente demanda hídrica no va acompañada de reacondicionamiento de los sistemas de drenaje, por lo tanto, su capacidad se ve superada al cabo de su vida útil (Pedroza, 2007). Este es un problema que no solo se ve en Antigua Guatemala sino en todo el territorio guatemalteco, la falta de reacondicionamiento, como lo dice Pedroza, provoca que los sistemas de drenaje colapsen. Además de la inadecuada gestión de los residuos sólidos, contribuyendo a la obstrucción de canales, drenajes, conductos y bocas de tormenta, los cuales reducen su capacidad de drenaje.

En la Figura 18 se observa el crecimiento demográfico de La Antigua Guatemala desde el siglo XVI hasta el pasado siglo. La mancha demográfica ha crecido notablemente a lo largo del tiempo y seguirá creciendo con el tiempo.

El problema es que no hay un plan de ordenamiento adecuado o un buen control de este crecimiento, no hay una buena planeación y como consecuencia suceden atascos vehiculares, desorden, falta de control de desechos sólidos, y el problema a tratar en esta investigación colapso de los sistemas de evacuación de aguas pluviales.

Figura 18. Crecimiento demográfico de La Antigua Guatemala, del siglo XVI al siglo XX.



Fuente: Plan de ordenamiento de La Antigua Guatemala

Como consecuencia, los anegamientos son cada vez más frecuentes en las zonas bajas de las áreas urbanas, provocando daño, por inundaciones de calles, viviendas e infraestructura y deterioro de la calidad de vida (Figura 19 y 20).

Figura 19. Anegamiento de origen pluvial (Antigua Guatemala, 2015)



Fuente: (PrensaLibre, 2015)

Figura 20. Anegamiento de origen pluvial (Antigua Guatemala, 2017)



Fuente: Fuente propia.

b. Uso de suelo. El cambio en el uso de suelo altera significativamente el proceso de precipitación-escorrentía aumentado significativamente los caudales picos en mucho menos tiempo que lo habitual, provocando grandes caudales en poco tiempo. Sin embargo, este no es único problema que surge por la

impermeabilización del suelo, Campos describe una serie de problemas que ocasiona el cambio de uso de suelo, describiendo el cambio y el posible efecto. En el Cuadro 10 se describe de mejor manera.

Cuadro 10. Relación de los efectos hidrológicos asociados con la urbanización

Cambio en el uso del terreno o del agua	**Posible efecto hidrológico**
I. Cambio de natural a escasamente urbano • Remoción de la vegetación. • Construcción de casas aisladas. • Perforación de pozos o norias. • Construcción de fosas sépticas.	• Decrece la transpiración. • Se incrementa la sedimentación. • Se reduce el nivel freático. • Se incrementa la humedad del suelo, se eleva el nivel freático y existe contaminación local.
2. Cambio de escasamente urbano a semiurbano. • Se nivelan terrenos para construir casas. • Se construyen casas y pavimentan calles. • Se cancelan pozos. • Se aprovechan corrientes superficiales. • Se descargan aguas residuales.	• Se incrementa la sedimentación y se eliminan cauces pequeños. • Decrece la infiltración, se incrementan las crecientes y disminuye el nivel freático. • Sube el nivel freático. • Disminuye el escurrimiento. • Se incrementa la contaminación, mueren los peces, decrece la recreación y la calidad del agua.
3. Cambio de semiurbano a plenamente urbano. • Se construyen más casas, calles, comercios e industrias. • Se descargan más aguas residuales. • Más pozos son abandonados. • Se importa agua de otras cuencas. • Se estrechan o invaden los cauces. • Se construyen el drenaje sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales. • Se mejora el drenaje de aguas de tormentas.	• Decrece la infiltración, se incrementan las crecientes y disminuye el gasto base. • Se incrementa la contaminación. • Se eleva el nivel freático. • Se incrementa el escurrimiento. • Se incrementa el daño por las crecientes. • Se reduce aún más la infiltración y la recarga.

Continuación Cuadro 10.

Cambio en el uso del terreno o del agua	Posible efecto hidrológico
3. Cambio de semiurbano a plenamente urbano. • Se construyen pozos profundos. • Se construyen pozos de recarga. • Se aprovecha el agua residual.	• Se reducen los daños por inundaciones y se incrementan los gastos de descarga. • Disminuye la carga piezométrica. • Aumenta la carga piezométrica. Se recuperan los acuíferos.

Fuente: (Campos, 2010)

2. Precipitación. Según Fattorelli y Fernández para que haya precipitación es necesaria la humedad, pero para que esta se convierta en precipitación es necesario que se completen tres condiciones: producirse un estado de saturación (por enfriamiento), un cambio de fase del vapor de agua a líquido o sólido, y un crecimiento de las pequeñas gotas o cristales de hielo que permitan su caída.

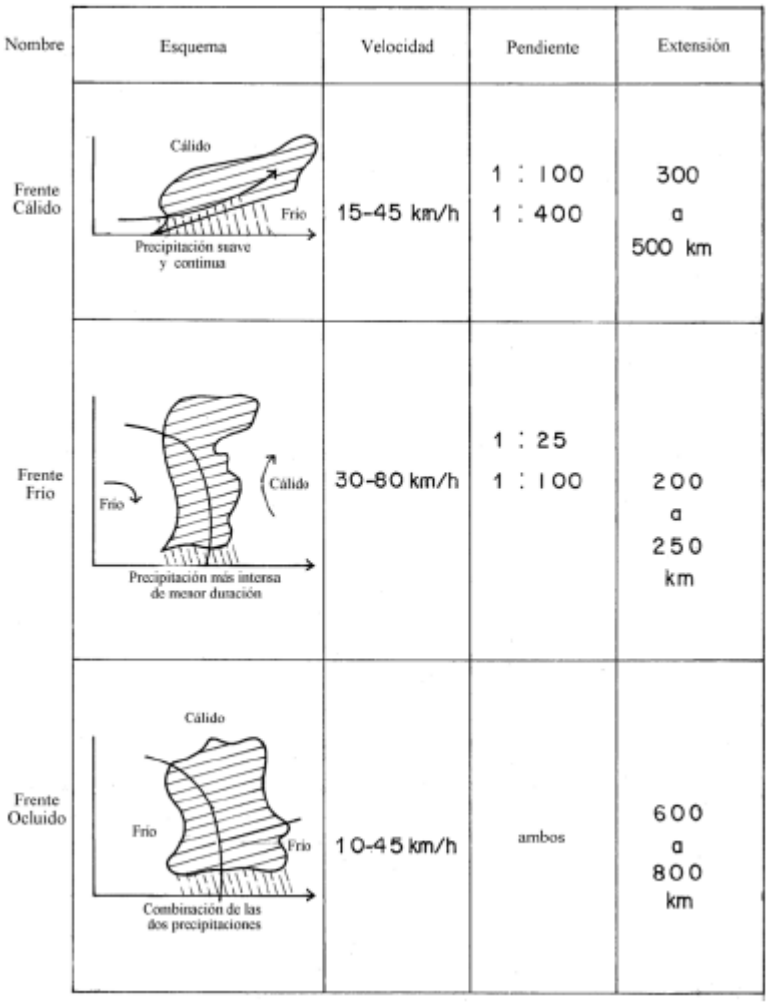
La formación de las nubes se debe a las dos primeras condiciones y que haya precipitación se deben cumplir las tres condiciones. Para que la última condición se cumpla es importante que la existencia de núcleos de condensación, constituidos por polvo atmosférico o cristales de sales. Estos núcleos de condensación provocan que las gotas de agua tengan suficiente tamaño y peso para que caigan a la superficie terrestre.

Existen tres tipos de precipitación: ciclónica, orográfica y conectiva, las cuales se describen con más detalle a continuación.

- Ciclónica: Este tipo de precipitación se da como resultado del ascenso de la masa de aire cálido consecuente de la colisión de aire cálido y liviano con aire frio y más pesado. Existen dos tipos de precipitación ciclónica la frontal y no frontal.
    - La precipitación no frontal puede ser ocasionada por cualquier depresión barométrica, resultando el ascenso debido a la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona baja de presión. (Flores, s.f.)
    - La precipitación frontal se asocia a un frente frio o aun frente cálido. (Flores, s.f.)

La Figura 21 explica esquemáticamente los diferentes tipos de frentes y sus características en relación con la precipitación.

Figura 21. Tipos de precipitaciones frontales

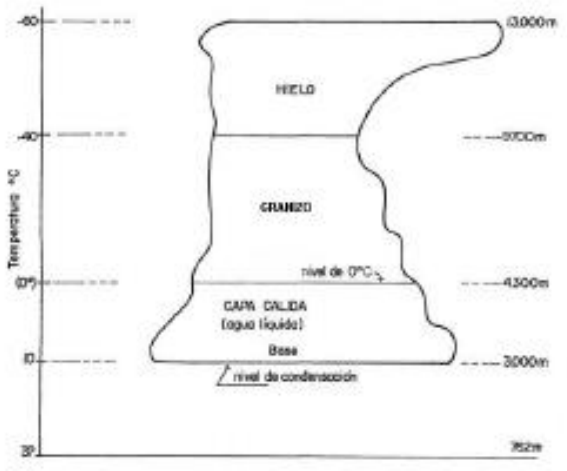


Fuente: (Fattorelli & Fernández, 2011)

- Orográfica: Esta lluvia resulta del acenso de humedad, normalmente proveniente del mar, por un choque con un obstáculo orográfico (cadena montañosa), que a medida que sube se enfría hasta llegar a su punto de precipitación. Este tipo de lluvia generalmente sucede a barlovento del obstáculo orográfico, dejando un acumulado de lluvia de 800 a 1000 mm anuales (Fattorelli & Fernández, 2011).
- Convectiva: Este tipo de lluvia producida por la elevación de aire húmedo y cálido, generalmente ocurre en lugares de mucha planicie, dando como resultado nubes del tipo de cumulonimbos con lluvias intensas, muy localizadas y erráticas. Los cumulados son de entre 40 a 120 mm/hora.

La Figura 22 muestra el corte de una nube típica convectiva, como se observa este tipo de nube alcanza hasta 12 km de altura, y por eso es que produce grandes cantidades de precipitación y poco tiempo.

Figura 22. Corte transversal de una típica nube convectivo

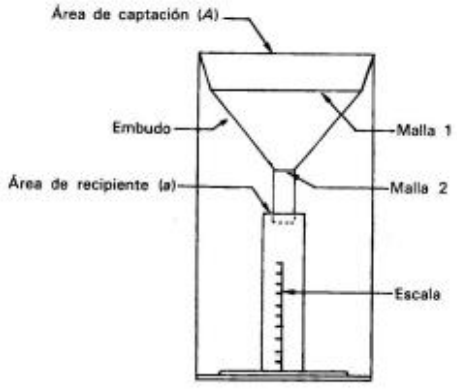


Fuente: (Fattorelli & Fernández, 2011)

a. Medición. La medición de la precipitación se expresa en milímetros y representa el espesor de una lámina de agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable, tomando en cuenta que un milímetro equivalente a un litro de agua por metro cuadrado. Los instrumentos de medición más utilizados para medición de precipitación son los: pluviómetros, pluviógrafo y los pluviómetros totalizados.

1) Pluviómetro. El pluviómetro se compone de dos partes cilíndricas que son: un colector y un receptor, el receptor se encuentra ubicado en la parte superior, este está unido al anillo de bronce y su fondo tiene forma de embudo, el agua recolectada por el receptor pasa a la parte inferior que consta de una vasija de boca estrecha llamada colector, que está aislada del cilindro exterior para evitar evaporación por calentamiento.

Figura 23. Pluviómetro

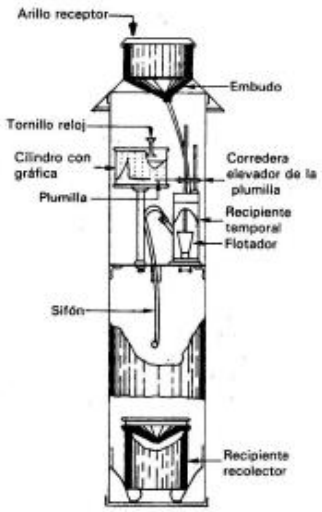


Fuente: (Sales, 2012)

2) Pluviógrafo. El pluviógrafo al igual que el pluviómetro da mediciones de precipitación, con la diferencia que el pluviógrafo registra la cantidad de precipitación de manera continua mientras que el pluviómetro solo da un registro de 24 horas, lo que permite tener tres parámetros de información muy importantes para el diseño de caudal y para realizar las curvas IDF, estos son: Cantidad, duración e intensidad, según Sales, Manuel.

En Guatemala por lo general se utiliza pluviógrafo de flotador con sifón, que consta de un receptor igual al del pluviómetro con un área de recepción de 200 centímetros cuadrados superficie, aunque existen varios tipos: de balanza, de oscilación y combinación de balanza y oscilación.

Figura 24. Pluviógrafo



Fuente: (Sales, 2012)

3) Pluviómetros totalizadores. Este tipo de pluviómetro usualmente se coloca en lugares de difícil acceso o regiones montañosas, por lo tanto, está diseñado para una alta capacidad de almacenamiento, 150 litros durante la época lluviosa. El observador hace lecturas una o dos veces al año, ya que el pluviómetro está diseñado para que se tome una medida de precipitación total en un punto, durante un largo lapso de tiempo. (Sales, 2012)

Figura 25. Pluviómetro totalizado



Fuente: (Sales, 2012)

Para esta investigación, por el hecho que no existen estaciones meteorológicas en la región, descritos anteriormente, lo cual es una mala práctica ya que es la manera más exacta de tener un historial de precipitaciones y por lo tanto un diseño más preciso, se utilizó un sistema satelital, NASA Giovanni.

4) NASA Giovanni. La página web Gidahatari, Gestión sostenible del agua, es de una empresa peruana que ofrece consultoría en recursos hídricos especializada en modelamiento numérico y uno de sus servicios es el diseño de sistemas de drenaje pluvial utilizando Giovanni NASA. Gidahatari describe "*Giovanni es la interface web de la NASA que provee información de varios satélites para todas las zonas del mundo. Los datos ya están procesados y pueden ser descargados en una escala requerida.*"

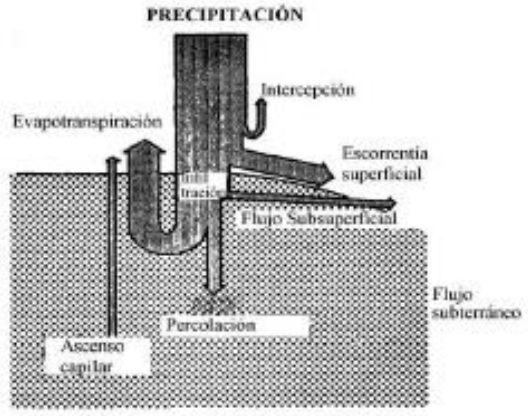
Para esta investigación se utilizarán los datos de precipitación de Giovanni NASA para el diseño de caudal del sistema de drenaje pluvial de Antigua Guatemala. Se utilizó el satélite TRMM (TRMM (TMPA/3B43) Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7), ya que es el satélite más antiguo, con datos de precipitación de 1998.

b. Escorrentía superficial. La escorrentía se forma debido al exceso de agua en la superficie, debido a que está ya no puede ser infiltrada o evaporada, a causa de que la precipitación supero la tasa de infiltración superficial. Como resultado de este exceso se empiezan a crear una lámina de agua en la superficie y está al seguir acumulándose empieza a escurrir. Para que escurra debe haber cierta pendiente, sino esta se quedaría empozada y se formarían pequeñas lagunas, que a la hora de realizar una urbanización es lo que se trata de evitar.

Por lo que es de suma importancia que el diseño de la urbanización se prevea cierta pendiente, que según la guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias de Chile, la pendiente mínima para una calle es de 5%.

La Figura 26 muestra una manera simplificada de los procesos involucrados entra la precipitación, el suelo y la atmosfera.

Figura 26. Relaciones entre la precipitación, el flujo del agua en el suelo, la atmosfera y la escorrentía.



Fuente: (Sales, 2012)

3. Drenaje pluvial. El drenaje pluvial en una urbanización es importante para evitar que las calles colapsen de agua a la hora de una tormenta. Este debe ser totalmente planificado, con un caudal de diseño, el cual es la transformación lluvia-caudal (ver inciso D). El principal objetivo del alcantarillado pluvial es el manejo, control, conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia. (SIAPA, 2017)

a. Normas de diseño

1) Altimetría. Se le da el nombre de altimetría al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determinan la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada, la cual es conocida cono superficie o plano de comparación. La forma más común de realizar un levantamiento es por medio de un teodolito o estación total y se representa mediante curvas de nivel. (Navarro, 2008)

2) Planimetría. Para el ingeniero Koolhaas la planimetría es un concepto básico de división de estudio de la topografía como disciplina. La planimetría estudia los métodos de levantamiento de campo donde sólo interesan los aspectos planimétricos, es decir la proyección ortogonal de la superficie terrestre. Una proyección ortogonal es una proyección horizontal donde las direcciones verticales determinadas por la dirección de la gravedad de todos los puntos de interés del terreno son puestos sobre un plano horizontal. (Koolhaas, 2017)

3) Diámetro mínimo. Según Galindo, B. para un sistema de alcantarillado pluvial los diámetros mínimos que deben utilizarse son de: 10” para concreto y 8” para PVC. El aumento de cada tubería depende del caudal que se vaya aportando a la red de tubería. (Galindo, 2007)

Al analizar los planos de red de drenaje pluvial y sanitario de La Antigua Guatemala se observó que no había ninguna tubería que incumpliera con el diámetro mínimo, todas las tuberías eran de 8” PVC o mayores.

4) Velocidad mínima. No hay una norma que especifique una velocidad mínima para un sistema de alcantarillado pluvial, sin embargo, si la velocidad del agua en la tubería es muy lenta podría causar problemas por sólidos o acumulación de residuos en la tubería. Es por eso que se debe proponer una velocidad mínima, para que la misma agua sirva como limpieza de la tubería, arrastrando los residuos y así evitar obstrucciones

Según Reglamentos Generales para el Diseño de Alcantarillas y Drenajes de Empagua e Infom, la velocidad mínima para una tubería de alcantarillado sanitario es de 0.60 m/s. Se hizo referencia a este reglamento ya que es referenciado de Empagua la cual es una empresa municipal encargada de dotar los servicios de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Guatemala e Infom que es el instituto de fomento municipal. (NDSA, 2009)

Dado que no hay una norma que especifique las velocidades mínimas para un alcantarillado pluvial en Guatemala, se investigó las velocidades mínimas de otros países latinoamericanos. La norma "Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, Medellín, Colombia", indica que una velocidad mínima aceptable es de 0.75 m/s para alcantarillado pluvial, la cual concuerda con la tesis de Aldás, Juan de la universidad Católica del Ecuador, indicando que 0.75 m/s es una velocidad aceptable para auto limpieza. Por lo tanto, para esta investigación se admitió una velocidad de 0.75 m/s.

5) Velocidad máxima. Las velocidades máximas de diseño para un sistema de alcantarillado pluvial dependerán del material de la tubería. La tesis de Aldás indica que para una tubería de hormigón la velocidad máxima recomendable es de 3.5 m/s a 4 m/s y para tubos PVC 9 m/s la cual concuerda nuevamente con la norma colombiana, recomendando que una velocidad máxima para una tubería de concreto será de 5 m/s y para una tubería de PVC de 10 m/s. (Aldás, 2011)

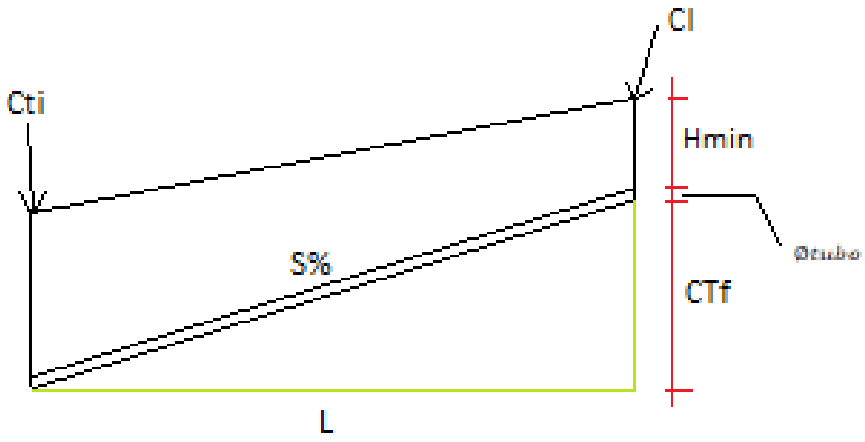
La diferencia de velocidades para cada tubería se debe al desgaste debido a que una tubería de concreto tiene mayor desgaste por el tipo de material, a diferencia de la tubería de PVC que tiene un desgaste mucho menor, ya que es un material más resistente al desgaste, es por eso que la velocidad es menos limitada. Para esta investigación se utilizará una velocidad máxima de 9 m/s para tubos PVC.

6) Cotas Invert. Esta cota permite determinar la localización de la parte inferior del terreno. Se calcula basado en la pendiente y la distancia del tramo analizado. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

$$CI = Hmin + \emptyset tubo$$

$$CTf = L * S\%$$

Figura 27. Diagrama ejemplar para obtener cotas invert.



Fuente: Daniel Ibarra

b. Determinación del caudal de diseño

1) Velocidad del flujo. La velocidad del flujo a sección llena de cada sección se calculó con la relación de Manning.

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diametro de la tubería (pulg.)

S = Pendiente del gradiente hidráulico (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Robert Manning.

Cuadro 11. Coeficiente de rugosidad de Manning (n)

Material del conducto	n
Conductos cerrados	
Tubo abierto	
Cemento	0.011-0.015
Ladrillo	0.013-0.017
Hormigón	
Terminación Fina	0.012-0.014
Terminación gruesa	0.015-0.017
Tubos de hormigón	0.011-0.015
Tubo metal corrugado	0.018-0.022
Tubos PVC	0.011-0.015
Tubos de arcilla vitrificados	0.011-0.015

Fuente: (Fattorelli & Fernández, 2011)

2) Pendiente del terreno. El valor de la pendiente dependerá de las velocidades máximas y mínimas descritas anteriormente. En el caso de Antigua Guatemala, al ser un área relativamente plana, no habrá problema con las pendientes muy pronunciadas o que superen el 10%.

La pendiente del terreno se calculará con la siguiente ecuación:

$$S\% = \frac{Cota\ del\ terreno\ final - Cota\ del\ terreno\ inicial}{Longitud\ del\ tramo} * 10$$

3) Áreas tributarias. Para cada tramo de análisis es necesario calcular el área que estará contribuyendo al caudal de cada sección de tubería. Esta área se calculará sumando el área de las calles, el área de los lotes, y se sumará el agua acumulada.

4) Caudal de diseño. Para el cálculo de caudal de diseño se utilizará el método racional. Este método es un modelo empírico simple utilizado en el diseño de sistemas de drenaje urbano con áreas relativamente pequeñas, un área de 200 mts2 se considera aceptable para utilizar este método.

Este método brinda el caudal pico de escorrentía utilizando la intensidad media del evento de precipitación, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y coeficiente de impermeabilidad. Este caudal pico ocurre cuando todas las áreas tributarias están contribuyendo simultáneamente y el caudal pico aumenta a medida que la superficie se impermeabiliza y el tiempo de concentración disminuye.

La ecuación a utilizar para este método será la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m3/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área tributaria (ha)

5) Coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía (c) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. (Ibáñez, A. et al).

Cuadro 12. Coeficientes de escorrentía (c) para áreas urbanas

Tipo de superficie	C
Negocios	
Áreas centrales	0.70 – 0.95
Áreas vecinales	0.50 – 0.70
Residenciales	
Áreas unifamiliares	0.30 – 0.50
Multi-unidades separadas	0.40 – 0.60
Multi-unidades juntas	0.60 – 0.75
Suburbanas	0.25 – 0.40
Industrial	
Áreas livianamente ocupadas	0.50 – 0.80
Áreas intensamente ocupadas	0.60 – 0.90
Parques, cementerios	0.10 – 0.25
Áreas de juegos	0.20 – 0.40
Áreas de ferrocarriles	0.20 – 0.40
Áreas descuidadas	0.10 – 0.30
Áreas verdes	
Suelo arenoso, plano 2%	0.05 – 0.10
Suelo arenoso, medio 2-7%	0.10 – 0.15

Continuación Cuadro 12.

Tipo de superficie	C
Áreas verdes	
Suelo arenoso, parado 7%	0.15 – 0.20
Suelo pesado, plano 2%	0.13 – 0.17
Suelo pesado, medio 2-7%	0.18 – 0.25
Suelo pesado, parado 7%	0.25 – 0.40
Calles	
Asfalto	0.70 – 0.95
Concreto	0.80 – 0.95
Ladrillo/Block	0.70 – 0.85
Aceras y caminamientos	0.75 – 0.85
Techos	0.75 – 0.95

(Archila, 2005)

6) Análisis de frecuencia. Noruega define frecuencia como un intervalo de recurrencia promedio sobre un determinado periodo, conocido como periodo de retorno. En el análisis de frecuencia la planeación, diseño y ejecución, para un proyecto de evacuación y recolección de aguas pluviales, dependen del nivel de protección que se le desean dar a las diferentes zonas, manifestados como eventos de precipitación o escorrentía (Noguera, 2004).

Este análisis pretende evitar que un evento de precipitación o escurrimiento sea superado en un periodo de tiempo determinado. Por lo tanto, se debería de tomar el mayor evento que podría ocurrir, sin embargo, desde el punto de vista económico no se considera de esta manera. Entonces se podría concluir que el diseño hidrológico depende del aspecto económico y seguridad, en cual incluye el riego de falla (Fattorelli & Fernández, 2011).

Para esto se tienen dos tipos de frecuencia, relativa y absoluta. La absoluta es la cantidad de eventos durante la muestra. La frecuencia relativa se expresa como:

$$f = \frac{n}{N}$$

7) Período de retorno. El objetivo principal del análisis de frecuencia es la determinación del periodo de retorno para una seria hidrológica. Por lo tanto, lo primero que se debe hacer es ordenar los valores registrados, según si magnitud, de mayor a menor para frecuencias altas y para frecuencias bajas de menor a mayor (Fattorelli & Fernández, 2011).

Hay diversos métodos para hacer el análisis de frecuencia, sin embargo, solo se indicarán algunos ya que son los más prácticos.

- Método de Weibull

$$P(x) = \frac{m}{N+1}$$

Donde:

m es la posición que se le asigna a un evento según la secuencia ordenada de los eventos 1, 2, 3, …N. N es el tamaño de la muestra (N valores de lluvia o N valores de caudales).

La inversa de P(x) se denomina período de retorno (T_r). El período de retorno proporciona el promedio en que un evento de cierta magnitud será igualado o excedido; el valor no indica el tiempo en el que tal evento sucederá. (Fattorelli & Fernández, 2011)

- Método de Hazen

$$P(x) = \frac{2m-1}{2N}$$

Donde:

m es la posición que se le asigna a un evento según la secuencia ordenada de los eventos 1, 2, 3, …N. N es el tamaño de la muestra (N valores de lluvia o N valores de caudales).

Ahora para saber el riesgo de falla en el periodo de vida útil de un proyecto de construcción la probabilidad anual de ocurrencia, P, es:

$$P = \frac{1}{T_R}$$

Y la probabilidad de no ocurrencia es:

$$P' = 1 - \frac{1}{T_R}$$

En un proyecto de alcantarillado, el periodo de retorno dependerá del grado de protección que se le quiera dar a la región y del presupuesto del proyecto. En el cuadro 13 se muestran los valores de periodo de retorno recomendados por la RAS-2000.

Cuadro 13. Periodos de retorno

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas residenciales o industriales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 a 10 ha	2	3	4
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1,000 ha*	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera que drenan áreas mayores a 1,000 ha.	25	25	50

* Parte revestida a 10 años, más borde libre a 100 años.

Fuente: (Noguera, 2004)

8) Intensidad de precipitación. La intensidad de lluvia es el espesor de lámina de agua por unidad de tiempo producida por esta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó, midiéndose así en milímetros por hora (mm/hrs.).

La intensidad de lluvia es determinada por medio de registros pluviográficos elaborado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Este tipo de información es insuficiente en localidades muy pequeñas, por lo que se hará uso de información de localidades vecinas o de características similares.

Se ha adoptado como norma general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la República, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años promedio.

9) Tiempo de concentración. El tiempo de concentración indica el tiempo que durara en llegar la escorrentía superficial desde el punto más alejado hasta el punto de desfogue. Este también se define como el periodo de tiempo para alcanzar el caudal máximo a la salida de la cuenca (NDSA, 2009).

Para obtener el tiempo de concentración (Tc) se debe sumar el tiempo que tarda la escorrentía en llegar al tragante (Te) más el tiempo que tarda la escorrentía en recorrer todo el sistema de tuberías (Tr) hasta llegar al punto de desfogue, como se resume en la siguiente ecuación.

$$Tc = Te + Tr$$

Debido a que en La Antigua Guatemala no hay sistemas de recopilación de datos pluviográficos, no se pueden realizar curvas IDF, por lo tanto, el cálculo de tiempo de concentración no es funcional para esta investigación. Sin embargo, la manera correcta de realizar un buen estudio del caudal de diseño es teniendo las curvas IDF ya que el dato será más exacto.

c. Pozos de visita. Los pozos de visita son útiles para los siguientes casos:

- En cambios de diámetros.
- En cambios de pendientes.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- En las intersecciones de 2 o más tuberías.
- En los extremos superiores de los ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 120 metros en línea recta en dímetro hasta d 24”
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

(Gálvez, 2004)

Al hacer el diseño de los pozos de vista se debe tomar en cuenta que la diferencia de las cotas invert entre el tubo que entra y el que sale no debe ser mayo a 30cm. Y si esta diferencia excede los 70cm se debe diseñar un accesorio especial para que encause el caudal, esto para evitar exceso de turbulencia.

d. Tragantes

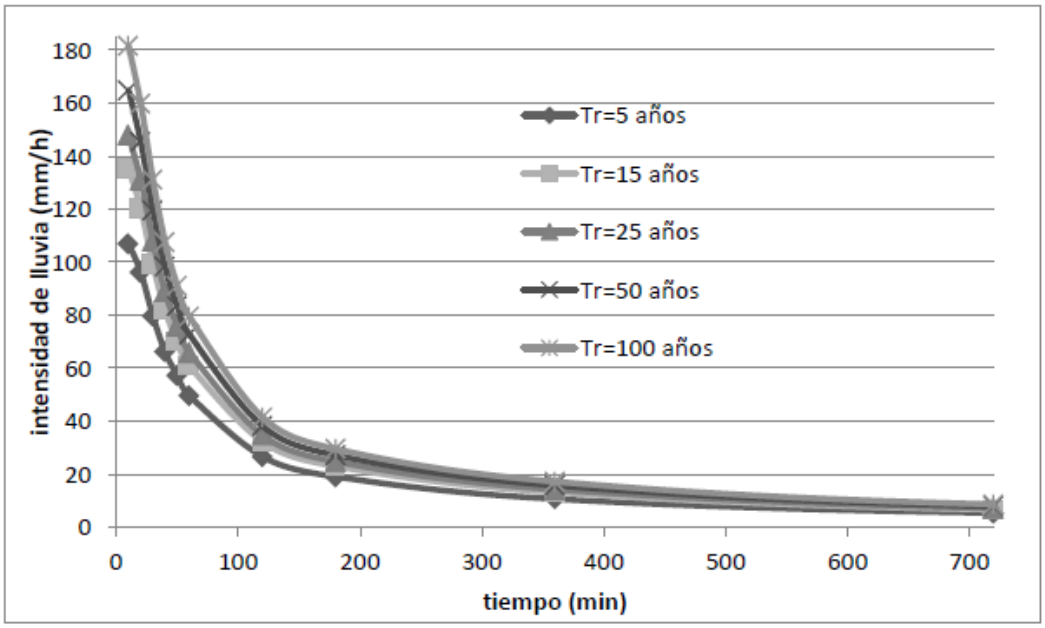
- Sistemas de alcantarillado pluvia
    - Alcantarillado pluvial particular
    - Alcantarillado pluvial general particular
    - Alcantarillado pluvial municipal
- Componentes del sistema de alcantarillado pluvial
    - Estructuras de captación
    - Estructuras de conducción
    - Estructuras de conexión y mantenimiento
    - Estructuras de descarga
    - Disposición final

e. Curvas IDF. Según Temez las curvas Intensidad-duración-frecuencia son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno. (Temez, 1978)

Al elaborar un diseño hidrológico es importante determinar los eventos de lluvia a utilizar en una determinada área, ya que de estos dependerá que el proyecto sea seguro y económico. Para eso se necesita información que relacione la intensidad, la duración y la frecuencia de una tormenta mediante gráficos y así analizar de forma estadística el comportamiento de las precipitaciones para un determinado lugar. Con esta información se realizará un diseño más preciso, económico y seguro.

Pizarro en su investigación para la revista virtual de la UNESCO define que las curvas IDF representan gráficamente la relación que hay entre la intensidad de lluvia y la duración, relacionado al período de retorno, donde cada período de retorno tiene una curva diferente. Mintegui y López detallan que las curvas IDF representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los puntos de una curva a un mismo período de retorno. (Mintegui & López, 1990)

Figura 28. Familia de curvas IDF para distintos periodos de retorno.



Fuente: (Sales, 2012)

Para entender lo que son las curvas IDF, se debe saber que es intensidad, duración y frecuencia. Intensidad se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr), y esta (1) se expresa como:

$$i = \frac{P}{T_d} \quad (1)$$

Donde:

P = es la profundidad de lluvia (mm o pulg)

Td = es la duración (hrs)

(Pizarro, 2007)

Para esto es necesario que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los instrumentos de medición de precipitación (Aros, 1997).

f. Elaboración de las curvas IDF

Para la elaboración de una curva IDF es necesario conocer la duración (D), la Intensidad (I) y la frecuencia de la lluvia (P) según lo que ha planteado (Temez, 1978)

$$I = \frac{P}{D} \quad (2)$$

Donde:

P = Frecuencia de lluvia (mm o pulg)

D = duración (hrs)

4. Investigación de campo

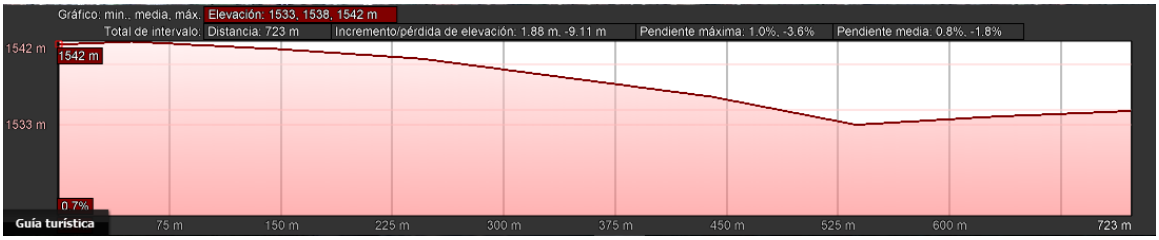
a. Localización de alcantarillas

En el Mapa temático de localización las alcantarillas de Antigua Guatemala se observan todas las alcantarillas que se encueraron en el área de estudio.

b. Diseño de tubería para drenaje pluvial

1) Altimetría. Los datos de altimetría se obtuvieron de Google Earth Pro. La Figura 29 muestra la elevación de la 4ta calle poniente de Antigua Guatemala.

Figura 29. Ejemplo de elevación 4ta calle poniente, Antigua Guatemala



Fuente: Google Earth

2) Planimetría. Para obtener las áreas de cada manzana y cada calle se utilizó Qgis, en el cual se realizó cada polígono sobre una ortofoto y luego ya con ese shape de polígonos se calculó el área de cada uno. Para la calle se obtuvo un shape de calles con el que se calculó las longitudes de cada una. En el mapa temático se observa los polígonos dibujados de cada manzana.

3) Cotas Invert. Para la obtención de las cotas invert no se lograron abrir todos los pozos, porque era muy trabajoso, debido al tránsito y lo complicado de levantar cada tapadera, ya que tienen años de no ser abiertos, por lo tanto, solo se abrieron 16 pozos. Con eso pozos se obtuvieron las cotas invert para calcular la pendiente de las tuberías.

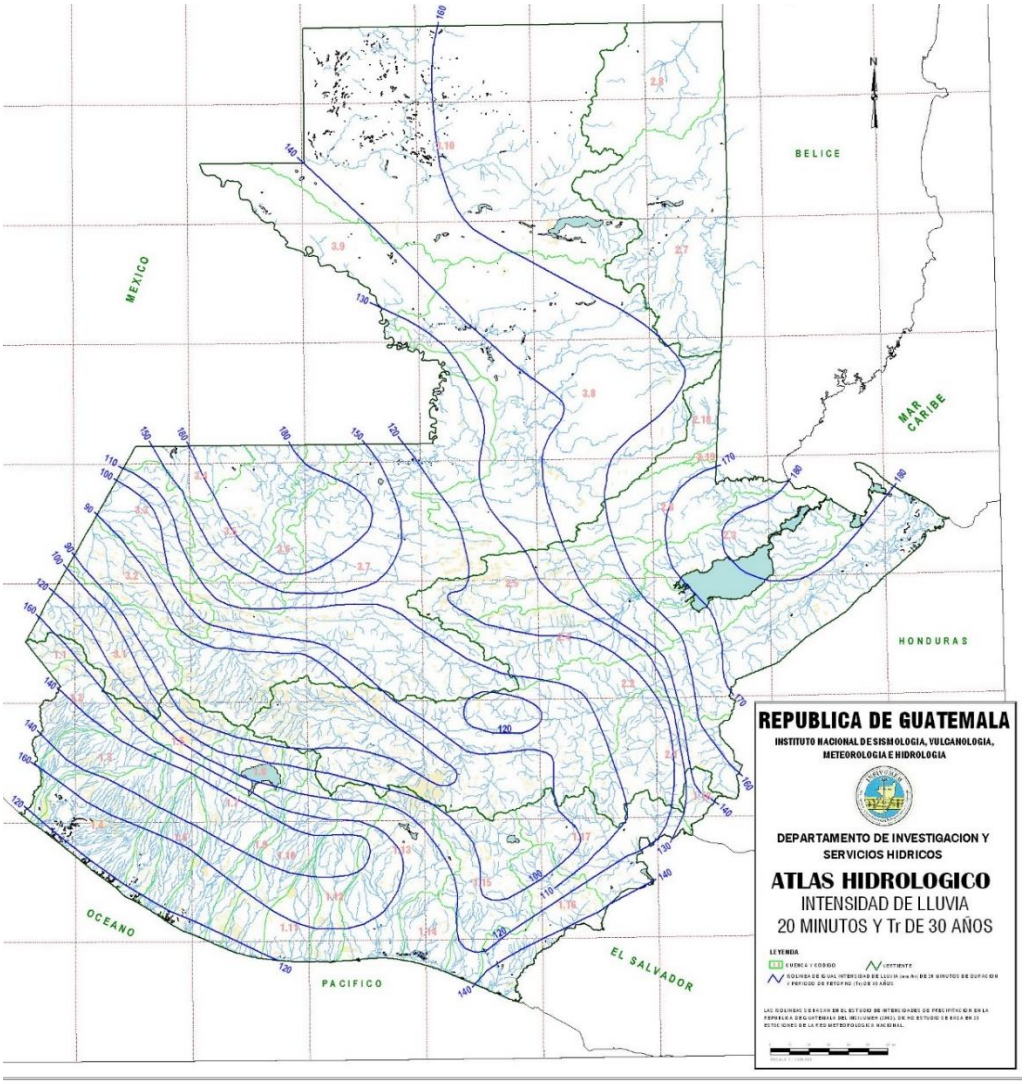
Figura 30. Pendientes de las tuberías.

Pendientes tuberias								
Tramo	h1	h2	Cis	Cie	H1 real	H2 real	Longitud	Pendiente
1 a 2	1563.41	1554.27	1.50	2.75	1561.91	1551.52	187.50	5.54%
2 a 3	1554.27	1551.52	2.75	1.60	1551.52	1549.92	314.02	0.51%
4 a 6	1546.34	1535.37	1.10	4.30	1545.24	1531.07	885.14	1.60%
5 a 6	1538.41	1535.37	3.65	5.90	1534.76	1529.47	297.87	1.78%
8 a 7	1541.77	1537.50	1.70	2.55	1540.07	1534.95	183.84	2.78%
9 a 7	1539.94	1537.50	2.10	2.75	1537.84	1534.75	586.89	0.53%
9 a 15	1539.94	1534.15	2.35	2.00	1537.59	1532.15	933.42	0.58%
6 a 14	1535.37	1529.88	6.00	2.20	1529.37	1527.68	731.10	0.23%
10 a 15	1541.77	1534.15	3.40	3.00	1538.37	1531.15	678.35	1.06%
15 a 14	1534.15	1529.88	3.00	2.40	1531.15	1527.48	283.54	1.29%
11 a 12	1536.59	1535.98	1.70	3.00	1534.89	1532.98	271.34	0.70%
13 a 16	1533.54	1530.79	3.60	1.40	1529.94	1529.39	224.09	0.24%

4) Precipitación. Para obtener el dato de la precipitación es recomendable obtenerlo mediante las curvas IDF ya que es un dato más exacto. Sin embargo, no se logró hacer de esta manera ya que para realizar las curvas IDF se necesitan datos de precipitación del lugar y la forma para tener ese registro es utilizando un pluviómetro o un pluviógrafo. Lastimosamente La Antigua Guatemala no posee ninguno de estos instrumentos. Otra posible solución es la utilización de Giovanni Nasa como se explicó en el capítulo de precipitación, pero casualmente hubo problemas con el servidor del satélite y no se logró obtener los datos.

Por lo tanto, se utilizó el atlas hidrológico del departamento de investigaciones y servicios hidrológicos del instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología (INSIVUMEH), que proporciono la intensidad de lluvia en 20 minutos y con un tiempo de retorno de 20 años, mediante un mapa con isolineas en mm/hora. (Ver Figura 31)

Figura 31. Mapa con isolineas de precipitación

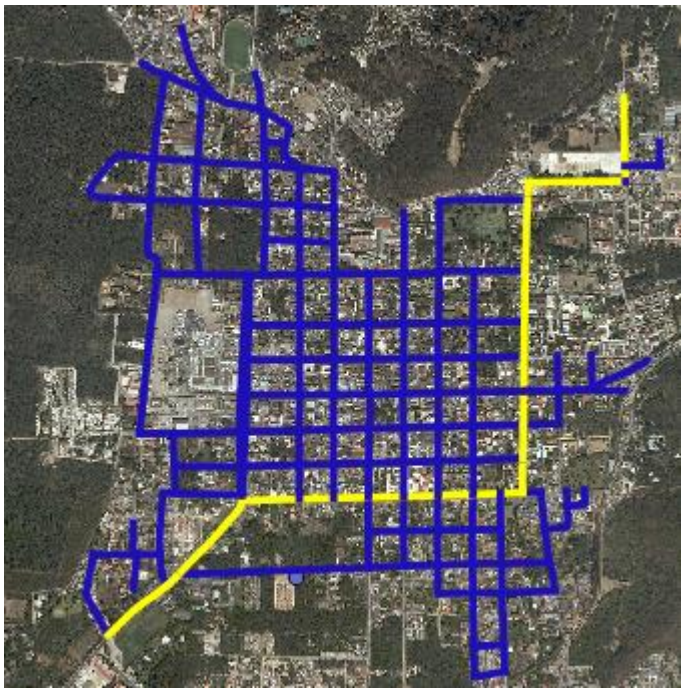


Fuente: (Insivumeh, 2002)

5) Caudal de diseño

a) Cálculo de intensidad. Para el cálculo de intensidad se utilizaron las isolineas del Insivumeh y se utilizó una intensidad de 120 mm/h en 20 minutos con un periodo de 30 años. Se utilizó una precipitación máxima en 20 minutos ya que se calculó el tiempo de concentración del punto más alejado de desemboque al punto de desemboque y se obtuvo que duraba 10 minutos. Por lo tanto, se necesita una tormenta de más de 10 minutos para que todas las secciones estén llenas. Es por ello que se utilizó una tormenta de 20 minutos. En la Figura 32 se observa los puntos tomados para realizar el cálculo.

Figura 32. Cálculo de tiempo de concentración.



Fuente: Propia, Qgis.

$$Tc = (0.000325 * (\frac{L}{\sqrt{S}})^{0.77}$$

$$Tc = (0.000325 * (\frac{3{,}028m}{\sqrt{1\%}})^{0.77}$$

$$Tc = 0.15\ h * 60min$$

$$Tc = 10\ minutos$$

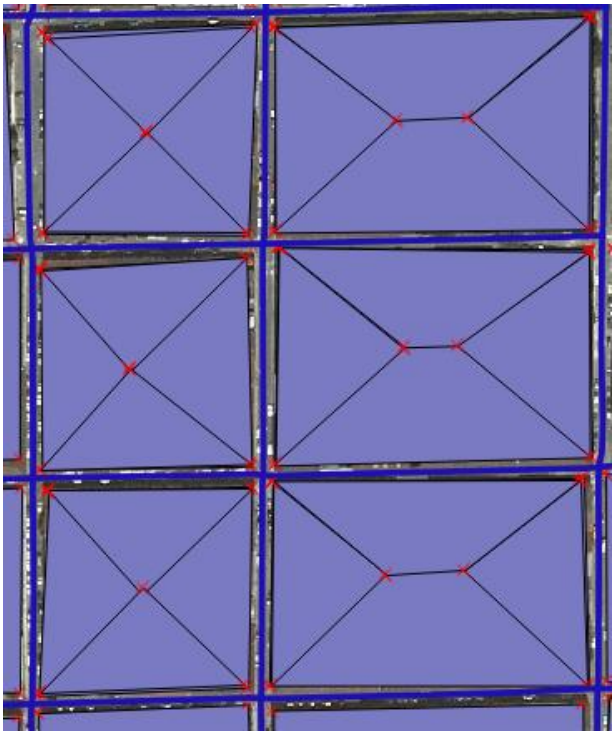
b) Cálculo de coeficiente de escorrentía. Para esta investigación se utilizaron los siguientes coeficientes:

Coeficientes de escorrentia	
C pvc =	150.00
C techos	0.85
C calles	0.75
C gardines	0.25

Coeficiente de rugosidad	
n =	0.01

c) Tributaria. Para el calcular el área tributaria se utilizó Qgis. Cada manzana se divido en su área tributaria como se observa en la Figura 33.

Figura 33. Área tributaria de cada manzana



Fuente: Propia, Qgis.

d) Cálculo de pendiente. La pendiente utilizada para el proyecto, por facilidad, se promedió de las pendientes obtenidas con las cotas invert dando un 1% de pendiente para todos los cálculos, a excepción de algunos que si se tenía el dato exacto. Sin embargo, esto provoca un gran error ya que Antigua Guatemala es considerablemente plana.

$$S\% = \frac{Cota\ del\ terreno\ final - Cota\ del\ terreno\ inicial}{Longitud\ del\ tramo} * 100$$

e) Cálculo de velocidad. Para el cálculo de velocidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Se utilizó la pendiente descrita anteriormente 1% para la mayoría de los tramos y un el diámetro actual de las tuberías.

f) Cálculo de caudal. Para el cálculo de caudal se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Esta para calcular el caudal que debería contener las tuberías, el caudal de demanda.

$$Q = A * V$$

Y este es al caudal que puede contener cada tubería, el caudal de capacidad. Donde A es el área del tubo y V la velocidad a sección llena.

E. Drenaje sanitario

1. Sistema de drenajes. Los sistemas de drenajes están conformados por un sistema de tuberías y obras de arte para evacuar las aguas pluviales y/o sanitarias. Estos sistemas son importantes ya que protegen la salud de las personas, pues sin estos sistemas no se evacuarían los desechos líquidos. En cuanto a la seguridad humana, es importante reconocer que estos sistemas evitan el riesgo de inundaciones, socavaciones y otros eventos que ponen en riesgo a la vida. Los sistemas de drenajes se dividen en dos grandes grupos: convencionales y no convencionales. Los sistemas convencionales son aquellos que se utilizan en poblaciones con bajos recursos y son sistemas poco flexibles que requirieren mayor control. Los sistemas no convencionales son los drenajes: simplificados, condominiales y sin arrastre de sólidos. (López R. A., 2003)

a. Sistemas de drenajes sanitarios. Se utilizan para recolectar las aguas residuales industriales o domésticas. Las aguas domésticas provienen de inodoros, lavaderos, cocinas, regaderas y otros elementos domésticos que utilicen agua. Las aguas industriales provienen de desechos industriales o manufactureros; estos pueden tener elementos tóxicos.

b. Sistemas de drenajes combinados. Es el sistema en el que se unifican los sistemas pluviales y sanitarios. Este sistema recolecta tanto la escorrentía superficial de la precipitación como las aguas residuales domesticas o industriales. (Ho, 2002)

c. Sistemas de drenajes simplificado. Se diseña de la misma forma que el sistema de drenaje sanitario, la diferencia es que este permite tener diámetros de tuberías más pequeños y distancias más cortas entre pozos de visita. La condición es que debe dársele mantenimiento con más periodicidad para tener un buen funcionamiento.

d. Sistemas de drenajes condominiales. Son los sistemas de drenajes sanitarios que recogen el agua de una comunidad de viviendas que ocupen menos de una hectárea en área. Luego de recogerlas, este sistema lleva las aguas hacia un sistema de drenajes sanitario convencional.

e. Sistemas de drenajes sin arrastre de sólidos. En este sistema se eliminan los sólidos mediante un tanque interceptor; una vez se tiene únicamente los líquidos, estos pueden viajar a presión hacia el sistema donde se hace el tratamiento de agua. Su limitante es que se debe limpiar el tanque interceptor, cuatro veces al año, para que el sistema funcione de manera óptima. (Comisión Nacional del agua, 2009)

2. Elementos de los drenajes

a. Tuberías. Las tuberías de los sistemas de drenajes son tubos que al conectarse cumplen la función de evacuar el agua. Estas tuberías se fabrican de diferentes materiales dependiendo las ventajas económicas que se quieran obtener, duración, tiempo de instalación, flexibilidad del diseño, etc.

Los tres tipos de materiales más comunes para estos sistemas son los descritos a continuación. (Comisión Nacional del agua, 2009)

1) Acero. Las tuberías de acero se dividen en tres grupos. Las características más importantes de los diferentes tipos de tuberías de acero son i) los diámetros nominales, ii) el sistema de unión que se da entre tuberías y iii) la longitud máxima que se maneja en el mercado.

El primer grupo de tuberías, sin costura, se maneja de la siguiente forma: el diámetro nominal varía entre 60.3 a 508 mm. El sistema para unir las tuberías es soldado. La longitud máxima de tubería sin unión es de 14.5 m.

El segundo grupo de tuberías, con costura longitudinal o recta, tiene las siguientes especificaciones: diámetros nominales de 50 a 600 mm. El tipo de unión es con soldadura, bridas y coples. Su longitud varía entre 6.15 y 12.30 m.

Por último, las tuberías con costura helicoidal son las más aconsejables de usar y estas tienen las siguientes características: diámetro nominal de 219 mm a 3048 mm. La unión también es con soldadura, bridas y coples. Su longitud varía entre 6 a 13m. (Comisión Nacional del agua, 2009)

2) Concreto. Los drenajes de concreto se dividen en dos grandes grupos: i) concreto reforzado y ii) los drenajes de concreto simple. Estos grupos deben de cumplir básicamente los mismos rubros. Los tubos de concreto que se utilizan en los drenajes sanitarios deben de tener una junta hermética; en cambio, las tuberías de drenajes pluviales pueden tener juntas herméticas o no, pues depende del diseño que se le quiera dar. Las tuberías de concreto se construyen con diferentes partes que se deben de tomar en cuenta al momento del diseño. Algunas de ellas son: anillo de huele, diámetro interno, diámetro nominal, estanquidad, grado, longitud del tubo, longitud útil del tubo, etc. (IMCYC, 2012)

Cuando se trata de tuberías de concreto para drenajes sanitarios se encuentran de diferentes diámetros, espesores de pared, largo y resistencias. Estos factores varían dependiendo del diseño que se le da a la tubería

al momento de calcular los caudales que tolerará. Los diferentes tipos de tuberías de concreto que se pueden encontrar en Guatemala se pueden observar en el “Anexo D”.

3) PVC. Las tuberías de PVC (policloruro de vinilo), es un material que brinda muchas ventajas sobre el acero y el concreto cuando se quiere armar una tubería. Varias de estas ventajas son:

- Bajo peso: es la tubería que menor peso tiene entre los tres tipos de tuberías.
- Resistencia a la corrosión: con este tipo de tubería no es necesario colocar ningún tipo de recubrimiento o protección. No las perjudica el ácido sulfúrico el cual se encuentra en las concentraciones en los alcantarillados sanitarios.
- Resistencia química: demuestran una resistencia a las sustancias químicas que se utilizan en los sistemas de alcantarillados para consumo humano.
- Resistencia al ataque biológico: este tipo de tuberías resiste a los ataques de microorganismos, insectos y roedores. Esto evita que haya aberturas en las tuberías y que el agua se derrame o se infiltre en el suelo y lo contamine.

Las tuberías de PVC que se utilizan para la construcción están listadas en la siguiente tabla:

Cuadro 14. Tipos y diámetros de tuberías de PVC

Producto	Aplicación	Diámetro	Materia Prima
Tubosistemas en Edificaciones			
Conduit	Uso eléctrico y telefónico en residencias y edificios	12 a 50 mm	PVC
Drenasep	Tubería corrugada para uso en drenajes de tanques sépticos	115 mm	PVC
Tubería CPVC	Sistemas de agua caliente	12 y 18 mm	CPVC
Tubería por presión	Agua potable en residencias y edificios	12 a 385 mm	PVC
Tubería sanitaria y pluvial	Sistemas sanitarios y pluviales en residencias y edificios	32 a 385 mm	PVC
Canoas	Desagüe pluvial de techos		PVC
Tubosistemas para infraestructuras			
Tubería por presión	Acuaeductos gubernamentales y urbanizaciones	12 a 385 mm	PVC
Tubería polietileno	Acometidas domiciliarias	12 mm	Polietileno
Tubería D3034	Alcantarillado sanitario	100 a 385 mm	PVC
Tubería Novafort	Alcantarillado sanitario y pluvial	100 a 600 m	PVC

Continuación Cuadro 14.

Producto	Aplicación	Diámetro	Materia Prima
Tubería Novaloc	Alcantarillado sanitario y pluvial	525 a 1500 mm	PVC
Ducto	Sistemas eléctricos y telefónicos subterráneos	38-50-75-100 mm	PVC
Subducto	Sistemas subterráneos de fibra óptica	30 y 40 mm	Polietileno
Ductoflex	Tubería corrugada para sistemas eléctricos	50-80-115 mm	PVC
Tubosistemas para ingeniería agrícola			
Riego móvil polirriego drenaflex	Sistema de riego con acople rápido	48,73 y 115mm	PVC
	Sistema de riego	16,20 y 25 mm	Polietileno
	Tubería corrugada perforada para sistemas de drenaje	80 y 115 mm	PVC

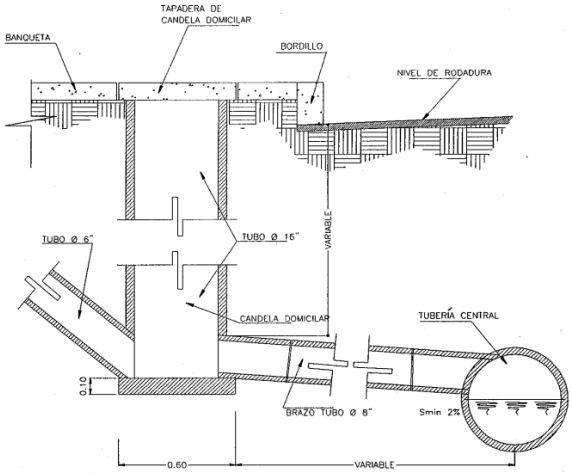
Fuente: (AMANCO, 2016)

3. Obras de arte. Las obras de arte en los sistemas de drenajes sanitarios son sistemas complementarios necesarios para unificar las tuberías de drenaje o distribuir el agua a las mismas. Estos sistemas complementarios son necesarios para mantener el control de las aguas residuales y pluviales que circulan en el sistema. (López R. A., 2003)

a. Pozos de visita. Se utilizan para unir diferentes redes de drenajes ya sea sanitarios o pluviales. Se pueden fabricar como una unidad completa o en fracciones, pero se debe asegurar que, al final de la construcción, trabaje como una sola unidad para evitar fugas u otros problemas. Los pozos de visita se elaboran de diferentes materiales, pero no cambia su función y al final deben cumplir con las normas de construcción de alcantarillados guatemalteca. Se debe de tomar en cuenta la precisión al momento de ensamblar un pozo de visita ya que debe unificar varias tuberías y estas tienen que encajar a la medida. Los pozos de visita también funcionan para cambiar de dirección, pendiente, diámetro o para iniciar un nuevo tramo en el sistema. (Comisión Nacional del agua, 2009)

b. Candelas domiciliares. La candela domiciliar es un componente del sistema de drenaje que recibe los caudales de aguas negras de viviendas, industrias, comercios o edificios. Este componente consiste en un tubo de concreto vertical que se ubica en la banqueta frente al lugar del que recibe los caudales. La candela tiene una tapadera que se llama “tapadera de candela domiciliar”, que debe tener la identificación correcta para el mantenimiento correcto del drenaje. Las dimensiones mínimas para este elemento son: un diámetro de 16 pulgadas y una altura de un metro. (Miranda J. , 1999)

Figura 34. Perfil de una candela domiciliar

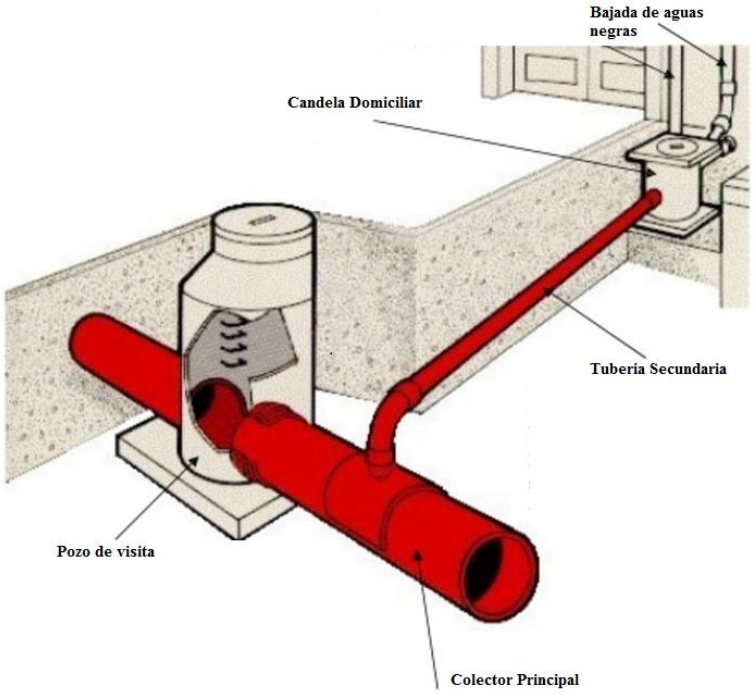


Fuente: (Miranda J. , 1999)

c. Tubería secundaria. Es la tubería que conecta y traslada las aguas residuales de la candela domiciliar hacia el colector principal. Si se construye de PVC, se utilizan tubos de 4 y 6 pulgadas, a diferencia de cuando se hacen de concreto, la restricción es que debe de tener una pendiente mínima de 2%. (Martínez, 2011)

d. Colector principal. Es la tubería principal del sistema de drenajes sanitarios. Transporta las aguas residuales de viviendas, comercios, industrias, infiltración, etc. hasta la planta de tratamiento o el lugar en el cual las aguas residuales serán depositadas y tratadas posteriormente. (Martínez, 2011)

Figura 35. Partes del sistema de drenaje sanitario



Fuente: (Bohdan, 2015)

4. Factores de diseño. Existen diferentes factores que se utilizan para elaborar el diseño de los drenajes sanitarios. Dependiendo del sitio donde se realice el proyecto, los factores de diseño pueden variar. En algunas ocasiones, no son necesarios factores como el caudal de infiltración, caudal industrial o caudal de conexiones ilícitas; debido al material de la tubería, uso de las residencias o supervisión de los tramos actuales respectivamente.

a. Caudal de diseño. Este caudal indica la cantidad de flujo que puede transportar el sistema en cualquier momento y en cualquier tramo. Es el que establece las condiciones hidráulicas sobre las que se pueden construir los sistemas de alcantarillas.

$$Qdis = No.hab * F.H * F.Q.M$$

Donde:

Qdis= caudal de diseño hidráulico

No. Hab. = Número de habitantes futuros acumulados.

F.H = Factor de Harmond

F.Q.M. = Factor de caudal medio.

(Martínez, 2011)

b. Factor de Harmond. Este factor regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico, determinando cuantos sanitarios o uso de sistemas sanitarios se utilicen simultáneamente en una vivienda. Siempre estará en función del número de personas que habiten en el tramo a analizar. El cálculo del factor se consigue mediante la ecuación de Harmond:

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{\mathrm{P}/1000}}{4 + \sqrt{\mathrm{P}/1000}}$$

Donde:

F.H = Factor de Harmond

P = Población

Este factor es adimensional y siempre oscila entre los valores de 1.5 y 4.5, dependiendo de la población que habite en el tramo analizado. (Martínez, 2011)

c. Factor de caudal medio

Este factor regula la cantidad de flujo que ingresa a la tubería. Para obtenerlo se debe sumar el caudal doméstico, industrial, comercial, conexiones ilícitas e infiltración. Este factor debe encontrarse entre los rangos de 0.002 a 0.005; en caso de que el factor sea menor, se utiliza el valor de 0.002; si es mayor se utiliza 0.005.

$$F.Q.M. = \frac{\mathrm{Qmed}}{\mathrm{No.\ habitantes}}$$

Donde:

F.Q.M = Factor de caudal medio

Qmed = Caudal medio

No. Habitanes = la población que habita en el sito de estudio.

(Martínez, 2011)

d. Caudal medio. Para los caudales de diseño del sistema de drenajes sanitarios se debe partir del caudal medio diario, este es la contribución de aguas residuales que existe durante 24 horas continuas, se consigue con un promedio anual. Para el diseño se utiliza el caudal medio, este es la suma de todos los caudales que participe en el sistema de drenajes.

$$Qmed = Qdom + Qind + Qcom + Qcilicitas + Qinf$$

Donde:

Qmed = Caudal medio

Qdom= Caudal domiciliar

Qind= Caudal industrial

Qcom= Caudal comercial

Qcilicitas= Caudal de conexiones ilícitas

Qinf= Caudal de infiltración

(Castellanos, 2012)

e. Caudal domiciliar. Se estima mediante el consumo de agua potable y dotación que tiene la población en la zona de estudio. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$Q = \frac{\mathrm{FR} * \mathrm{C} * \mathrm{P}}{86.400}$$

Donde:

Q = caudal medio de aguas residuales domésticas, L/s

FR = Factor de retorno

C = consumo neto de agua potable, L/hab. * d

P = número de habitantes en la zona

$\frac{1}{86,400}$ = relación de 1 día a segundos.

(Castellanos, 2012)

f. Consumo de agua potable. Los valores de consumo residenciales pueden variar dependiendo del aseo personal y descargas sanitarias por vivienda, dos factores de gran impacto en el consumo de agua residencial. Aproximadamente se consumen 200 litros de agua en un baño de diez minutos por lo que se han implementado sistemas de descargas sanitarias bajas y adaptadores para regaderas y lavamanos. (López R. A., 2003)

Cuadro 15. Consumos residenciales típicos

Usos	Consumo (L/hab. * d)
Aseo personal	45
descargas sanitarias	40

Continuación Cuadro 15.

Usos	Consumo (L/hab. * d)
lavado de ropa	20
cocina	15
riego de jardines	10
lavado de pisos	5

Fuente: (López R. A., 2003)

Cuadro 16. Rangos de valores de consumos residenciales (normas RAS, Colombia, 2000)

Población	Consumo mínimo (l/hab. * d)	consumo máximo (l/hab.*d)
< 2,500 habitantes	100	150
2,500 – 12,500 habitantes	120	180
12,500 – 60,000 habitantes	130	-
>60,000 habitates	150	-

Fuente: (López R. A., 2003)

g. Densidad poblacional. La densidad poblacional la define López (2003) como "el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea". La densidad poblacional se ve afectada por diferentes factores como el socioeconómico, el cultural y otros. Al momento de conseguir esta densidad se pueden obtener dos valores. El primero es la densidad poblacional de la región actual y el segundo es la densidad de saturación. (López R. A., 2003)

h. Factor de retorno. Este factor toma en cuenta el hecho de que no toda el agua que es consumida regresa a la alcantarilla. Esta se pierde en diferentes procesos como: regar, lavar platos, bañarse, etc. que absorben cierto porcentaje de agua. Por ello, se utiliza el factor de retorno para tener una idea de cuál es la cantidad de agua que sí regresa al drenaje. Este factor oscila entre 0.70 a 0.90. (Castellanos, 2012)

i. Caudal industrial. Es el caudal que proviene de industrias comerciales de gran magnitud; pueden ser procesadoras de alimentos, fábricas de textiles, licoreras, etc. La industria debe estar ubicada cerca o en el lugar donde se hará el estudio para que se pueda tomar en cuenta. (Martínez, 2011)

j. Caudal comercial. Es el caudal que se genera por comercios tales como hoteles, restaurantes, comedores o cualquier tipo de comercio que esté involucrado en el área de estudio. (Martínez, 2011)

k. Caudal de conexiones ilícitas. Es el caudal de aguas pluviales que personas del área conectan a la red de drenajes sanitarios de una forma ilícita. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, así como una función del área de techos, patios y la permeabilidad del suelo. Se toma en consideración la intensidad de la lluvia para este caudal. Este método se puede calcular según lo indica el Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Con un 10% del caudal domiciliar o un 20% si en caso no existen tuberías de drenajes pluviales.

$$Qcilicitas = 0.10\ Qdom$$

l. Caudal de infiltración. Es el caudal que se infiltra en el drenaje sanitario, por el tipo de material, por el que está compuesto. El caudal de infiltración depende del nivel freático del terreno donde se encuentra la tubería, la profundidad y la pendiente de la tubería. Otros factores que afectan este caudal es la permeabilidad del suelo, el tipo de juntas en la tubería y la mano de obra del drenaje. Si en algún caso se llega a utilizar el PVC no se toma en cuenta ya que este material impide la infiltración en la tubería. (Martínez, 2011)

La ecuación para conseguir el caudal es la siguiente:

$$Qinflitración = \frac{\mathrm{F} * (\mathrm{L} + \mathrm{No.\,Conexiones} * 6)}{1{,}000/86{,}400}$$

Donde:

F = Flujo subterráneo

L = Longitud de la tubería

No. Conexiones = Cantidad de tuberías secundarias que se unen al tramo analizado del colector principal.

En el caso que no se tenga la información completa o necesaria para calcular el caudal de infiltración, se toma un 10% del caudal domiciliar.

m. Población actual. Según el censo realizado en 2013 del INE en el departamento de Sacatepéquez, la población de Antigua Guatemala es de 45,393 habitantes con una tasa de crecimiento regional del departamento de 2.06% anual. (INE, 2014)

n. Población futura. Las poblaciones presente y futura se estiman mediante los censos e información que comparten los servicios públicos de la región. También se estiman obteniendo el número de viviendas de la zona de estudio y el promedio de habitantes por vivienda. (López R. A., 2003)

El cálculo de población futura se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Po = Población presente

n = Periodo de diseño

r = Tasa de crecimiento observada en el periodo.

o. Población por vivienda. Según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares (ENIGFAM), la cantidad de personas que vive por casa en Sacatepéquez, Escuintla y Chimaltenango, es de 4.76 en el área urbana y 4.96 en el área rural.

El promedio en Guatemala como país es de 4.98 personas por hogar, pero el dato más alto es en Huehuetenango y Quiche, donde se registra 6.08 personas por vivienda. (INE, 2011)

p. Factores máximos y mínimos. Los factores máximos y mínimos para el diseño de los drenajes sanitarios que se deben verificar son la velocidad y el diámetro. Estos dos factores indican si el diámetro, longitud, material y pendiente del drenaje son adecuados para transportar los caudales de diseño presente y futuro.

1) Velocidades. Las velocidades que se permiten en el diseño de las tuberías son de 0.6 m/s como mínima y de 3.0 m/s como máxima en tuberías de concreto. Para las tuberías de PVC, estas velocidades cambian entre 0.4 y 4.0 m/s. Estos parámetros de velocidad existen para evitar taponamientos por sedimentación debido a una baja velocidad y para evitar el desgaste de las tuberías por la alta velocidad de los caudales. (Martínez, 2011)

2) Diámetros. Los diámetros de diseño varían dependiendo del tipo de tubería que se utilice en el área. Para las tuberías de concreto, los diámetros mínimos son de 8 pulgadas y para el PVC, son de 6 pulgadas. (INFOM, 2009)

5. Operación y mantenimiento. Según Espinosa (2005), la operación y mantenimiento en general se divide en dos partes. La primera parte es la operación, que muestra todas las actividades externas que se emplean en las instalaciones o en el sistema de alcantarillado para que este funcione de una manera óptima. Como segunda parte, define el mantenimiento como todas las acciones internas que se realizan en las instalaciones del sistema para prevenir o tratar todos los daños del mismo para que tenga un buen funcionamiento.

a. Requerimientos básicos. Las personas responsables de la operación y mantenimiento de los drenajes deben cumplir tres requisitos básicos para realizar la operación y mantenimiento de la mejor

manera. Sin estos requisitos no es posible tener un plan de operación y mantenimiento funcional del sistema de drenaje sanitario.

1) Registro de la red de drenajes. El departamento responsable de operación y mantenimiento de los sistemas de drenajes sanitarios deben tener los planos que contengan la distribución de los drenajes, en donde figuren:

- Ubicación de tuberías
- Pozos de visita (plano en planta y sección)
- Propiedades del material
- Diámetros
- Clase
- Fecha de instalación
- Detalles adicionales

La información de los planos se debe actualizar cada vez que se realice algún trabajo de campo, como, por ejemplo, reparaciones del sistema de drenajes, instalaciones de equipos nuevos o eliminación de una parte del sistema de drenaje sanitario. (OPS, 2005)

2) Personal. Las personas son parte esencial en el sistema de operación y mantenimiento. Se debe contar con el número necesario de personas para que puedan realizar la operación y mantenimiento del sistema secuencialmente. No existe una cifra exacta de personas debido a que la cantidad varía dependiendo de las dimensiones del sistema de drenaje y la demanda que exige el mismo.

Las personas que se seleccionen para este trabajo deben pasar por pruebas físicas rutinarias. Asimismo, el personal debe de ser capacitado diariamente sobre las medidas de seguridad y riesgos que existen al momento de trabajar en drenajes sanitarios. Estas capacitaciones son necesarias para prevenir malestares, lesiones o daños tanto físicos como de salud para el operario. Es obligación de las personas encargadas de la operación y mantenimiento asegurar el bienestar de todos los operarios y de tomar medidas estrictas para prevenir los accidentes como enfermedades, asfixias, envenenamiento, explosiones, descargas eléctricas, etc. (OPS, 2005)

3) Equipos y herramientas. Los materiales descritos a continuación son los básicos que se necesitan para que los trabajadores realicen el mantenimiento de los sistemas de drenajes sanitarios. Como mínimo deberían de contar con lo siguiente:

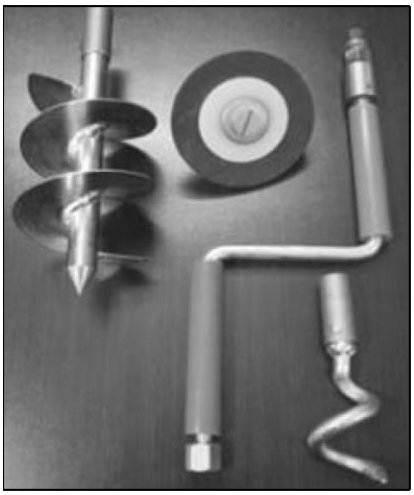
- Bombas sumergibles para evacuar las aguas atascadas o de zanjas inundadas.
- Cables flexibles de aleaciones de cobre para mover los sólidos que obstruyen el paso del agua. Normalmente son de 12mm de diámetro y de largos variables.
- Varillas de acero o de madera que puedan unirse y formar varillas de longitudes más largas. Las varillas de acero normalmente son de 12mm de diámetro y 60cm de largo, con uniones en los

extremos para enroscar una con otra. Las varillas de madera son de 18mm de diámetro y 60cm de largo y tienen adaptadores de cobre hembra-macho para unirse en los extremos.

- Picos, palas y herramientas para levantar las tapaderas y reparar los drenajes sanitarios.
- Cuerdas, linternas, escaleras para realizar los mantenimientos de pozos de visita.
- Equipo de protección personal como: cascos, guantes largos, botas de hule y capas contra lluvia.
- Mascarillas de seguridad y detectores de gases para protección personal.

Asimismo, es recomendable que se tengan equipos de limpieza de acción mecánica para tubería de diámetro pequeño. Estos equipos se utilizan para reparar atascos en las tuberías donde no puede ingresar una persona. La Figura 1 muestra cómo son estos equipos. (OPS, 2005)

Figura 36. Herramientas de acción mecánica para limpieza de tuberías con diámetro pequeño



Fuente: (OPS, 2005)

b. Tipos de operación y mantenimiento. Existen dos diferentes tipos de mantenimiento.

1) Preventivo. El mantenimiento preventivo se realiza previo a que exista una falla o daño en el sistema de drenajes. Este tipo de mantenimiento es la única garantía para asegurar el buen funcionamiento del sistema de drenajes. Si no se realiza el mantenimiento preventivo, en cualquier momento el sistema puede colapsar o saturarse.

El mantenimiento preventivo debe de calendarizarse de forma ordenada y especificar qué acciones se realizarán, cuándo se realizarán y qué tan repetitivo será el proceso. Si el mantenimiento preventivo se realiza de una manera correcta, este economizará el sistema de drenajes sanitarios. Se evitarán gastos en compostura, mano de obra y nuevos materiales de construcción. (Espinosa, 2005)

2) Correctivo o de reparación de daños. El mantenimiento correctivo se realiza luego de que surgió un daño o accidente dentro del sistema de drenajes.

Como los daños no están programados, tampoco lo están los mantenimientos correctivos. Estos deben realizarse inmediatamente, ya que, de lo contrario, se crean nuevos daños y peligros para el sistema y este puede colapsar. Las personas encargadas de realizar el mantenimiento correctivo deben asegurarse de tener todas las herramientas y recursos necesarios para realizar el mantenimiento sin ningún problema. (Espinosa, 2005)

c. Principales fallas en la operación de sistemas de drenajes. Existen diferentes tipos de fallas al momento de operar un sistema de drenajes. Entre todos los problemas que existen, tres son los principales en la mayoría de los sistemas. A continuación, se listan los problemas y porque surgen normalmente:

1) Instalaciones sanitarias y conexiones domiciliares. Las fallas en estas instalaciones ocurren normalmente por taponamiento, que es ocasionado por los papeles u objetos sólidos que las personas desechan en los drenajes sanitarios domiciliares. La solución para este tipo de problemas es revisar las candelas domiciliares mínimo una vez al año. (Ministerio del Agua , 2007)

2) Red de colectores y tuberías secundarias. Las fallas en las redes de colectores y tuberías secundarias suceden normalmente por dos eventos: hundimiento y taponamiento. Las causas por las que se da el hundimiento de los colectores y tuberías secundarias son por erosión o asentamiento de la base, el paso de vehículos, el crecimiento de las raíces de las plantas cercanas y la corrección de la tubería.

Cuando se habla del taponamiento de estos sistemas, se está refiriendo a la acumulación de arenas y/o sustancias orgánicas dentro de la tubería; crecimiento de raíces de árboles dentro de las tuberías o depósito de los sedimentos sólidos atascados en la tubería. (Ministerio del Agua , 2007)

3) En planta de tratamiento. Las fallas que ocurren en las plantas de tratamiento normalmente ocurren por la falta de mantenimiento o la deficiencia en la operación y mantenimiento preventivo. Normalmente esta es la parte del sistema de drenajes sanitarios más vulnerable. Es importante indicar que, si la planta de tratamiento falla, el sistema de drenajes sanitarios no funciona en lo absoluto. (Ministerio del Agua , 2007)

d. Sitios de vertederos previos al tratamiento. Luego de haber colectado toda el agua de los drenajes sanitarios y unificarla en un solo caudal, esta debe verterse en algún punto. Hay medios de verter estas aguas previo a su tratamiento para reutilizar el agua. (Comisión Nacional del agua, 2009)

1) Corrientes superficiales. Luego de unificar los caudales de drenajes sanitarios, se vierten en corrientes superficiales. Se debe de tomar en consideración a donde llega esta corriente ya que si desembocan es en una población las personas pueden resultar afectadas por este tipo de vertedero. Se debe de tomar en cuenta que la corriente superficial desembocara en una planta de tratamiento para hacer este tipo de vertedero. (Comisión Nacional del agua, 2009)

2) Terrenos. Este tipo de vertedero se utiliza comúnmente en tierras agrícolas, ya que se usa el agua residual como abono para los cultivos o plantas. Se debe tomar en cuenta varios factores para este tipo de vertedero, pero es una forma de reutilizar el agua residual de manera correcta y limpia. (Comisión Nacional del agua, 2009)

3) Lagos. Verter las aguas residuales de drenajes sanitarios en lagos o lagunas es poco recomendable. Esto se debe a que el costo de tratar estos recursos naturales es grandísimo, porque de no hacerlo, se convertirían en un estaque con agua residuales. (Comisión Nacional del agua, 2009)

4) Subterráneas. Los vertederos subterráneos se explican cómo pozos de absorción. En estos pozos todos los sólidos que tiene el agua se sedimentan y el agua se filtra por los estratos de suelo hasta llegar al manto freático. Es un medio natural de filtrar el agua y realimentar los acuíferos subterráneos. Se debe tener cuidado porque el agua debe de filtrarse de manera correcta, si no se contaminaría el manto acuífero. (Comisión Nacional del agua, 2009)

F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario

1. Agua residual.

Las aguas residuales son aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua, también se le conocen como aguas negras. Se le considera residual debido a que es algo para el cual no se le tiene uso, su otro nombre viene por el color que usualmente adquiere el agua (SSTP, 2015). Asimismo, serían todas aquellas aguas que representan un peligro de salud y deben ser desechadas, porque contienen sustancias toxicas y/o microorganismos (López M. E., 2003).

Es importante indicar que por razones de salud pública y estética las aguas residuales no pueden desecharse vertiéndolas directamente a cuerpos de aguas, como lo son lagos o ríos, sin darles un tratamiento adecuado (EcuRed, Aguas residuales, 2017). Comúnmente las aguas residuales se clasifican en dos, las cuales son:

Aguas residuales domésticas o de tipo ordinario: son todas aquellas para fines higiénicos, como baños, lavanderías, cocina, entre otros (EcuRed, Aguas residuales, 2017).

Aguas residuales industriales: son todas aquellas que poseen sustancias químicas pertenecientes a procesos industriales, por lo que poseen características específicas para cada tipo de industria (EcuRed, Aguas residuales, 2017).

a. Inconvenientes de las aguas residuales.

Las aguas residuales poseen inconvenientes para el ser humano y la sociedad, debido a esto, deben ser tratadas para su posterior utilización o desfogue en cuerpos de agua.

- Malos olores y sabores: Estos provienen de la diversidad de sustancias que portan las mismas, mayormente por la materia orgánica que se descompone, generando así los gases. Además,

existen la proliferación de colonias de microorganismos, vegetación acuática, mohos, hongos, químicos, entre otros (López M. E., 2003).

- Acción tóxica: Este es el efecto que tiene algunos residuos en la flora y fauna natural, debido a las masas hídricas contaminadas como lo son los ríos, generando así una acumulación de toxinas en la cadena alimenticia. Es importante debido a que el agua contaminada de las masas hídricas se utiliza para el riego de cosechas como verduras y hortalizas, y al ser consumidas crudas, la toxina pasa directamente al organismo. Para evaluar este fenómeno se utilizan bioindicadores que son microorganismos y organismos acuáticos que ayudan a indicar el nivel de contaminación, viendo su ausencia o presencia (López M. E., 2003).
- El agua como vehículo: El agua puede ser un vehículo perfecto para la transmisión de infecciones debido a que posee excretas humanas y animales, y algunas enfermedades son transmitidas por enfermos y portadores. Esto contribuye a la contaminación directa de las hortalizas regadas con estas aguas, sin previo tratamiento; y si estas son vertidas al mar contribuyen al envenenamiento de varios peces y mariscos de consumo humano (López M. E., 2003).
- Efecto visual: Se sabe que el agua residual puede afectar de forma ecológica y sanitaria, pero provoca otro problema, que se conoce como contaminación psicosocial, esta ocurre cuando se altera o modifica la estética del paisaje o del entorno como lo hace el agua contaminada, generalmente de un color negro (López M. E., 2003).
- Polución térmica: El vertido de aguas procedentes de industrias que utilizan refrigeración puede aumentar o disminuir la temperatura de ciertas zonas del agua, afectando a los organismos que viven por medio de un rango definido de temperatura, logrado la eliminación total o parcial de dicho organismo adentro de su hábitat (López M. E., 2003).
- Eutrofización: Este es un proceso que se da en forma natural en cuerpos de agua, pero puede estar ligado a la acción del humano, mediante el vertido de minerales como son el fósforo y nitrógeno que viene en los fertilizantes utilizados en la agricultura, además de las excretas y detergentes. Dichos minerales ayudan al crecimiento desmedido de microorganismos, algas, entre otros que causan problemas alterando así la vida marina (López M. E., 2003).
- Contaminación de aguas subterráneas: La contaminación de las aguas subterráneas es casi imposible determinarla y de eliminarla, debido a que ocurre cuando el agua contaminada se filtra por medio de suelos permeables, el lixivio de la basura y cuando se sobreexplotan los mismo para el consumo humano cerca del mar, creando así salinización (López M. E., 2003).

b. Características físicas

1) Sólidos. Los sólidos no es una característica como tal, se trata más bien de la presencia de los mismos y su cantidad, estos se clasifican de la siguiente forma:

a) Sólidos totales: Son los residuos remanentes después que la muestra ha sido evaporada a una temperatura entre 105 °C ± 2 °C (Villela, 2014).

b) Sólidos suspendidos totales: Es el material constituido por lo sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio con poros de 1.5 μm secado y llevado a masa constante a una temperatura de 105 °C ± 2 °C (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, et al., 2015).

c) Sólidos disueltos totales: Son todos aquellos materiales inorgánicos y orgánicos que permanecen como residuo después de evaporarse y secarse previamente filtrada a través de un filtro de vidrio con poros de 1.5 μm, a una temperatura de 105 °C ± 2 °C (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, et al., 2015).

d) Sólidos sedimentables: Son todos aquellos sólidos que se sedimentan dentro de un rango de tiempo específico (Villela, 2014).

2) Turbiedad. La turbiedad es una medida basada en la dispersión de la luz en el agua. La mediación se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por suspensión de contraste en las mismas condiciones. El material en suspensión impide el paso de luz, por lo que el tamaño de la partícula y la cantidad es importante (Villela, 2014). Esta medida es de carácter visual, puede ser un factor importante de control de calidad; en general todas las aguas residuales sin tratamiento poseen turbiedad (Olivos Lara, 2010).

3) Color. El color de las aguas residuales proviene por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias diluidas en las mismas. El color provocado por los sólidos suspendidos se le conoce como color aparente mientras el color provocado por el material coloidal y las sustancias diluidas se le conoce como color verdadero, este se obtiene al filtrar la muestra (Villela, 2014).

El color se determina comparando la muestra y el color que se produce por soluciones con distinta concentración de cloroplatinato de potasio. El color es un buen indicador de fácil observación para estimar la condición general en que se encuentra el agua, y realizar muestras de laboratorio más específicas (Villela, 2014).

4) Olor. El origen del fuerte olor de las aguas residuales es debido a la variedad de compuestos que esta posee y provoca la liberación de gases perteneciente a la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas. El principal compuesto liberado es sulfuro de hidrógeno, aunque se generan otros compuestos con olores más fuertes, como indol, eskatol y mercaptanos (Villela, 2014).

La determinación de este parámetro es cada vez más importante en la mediad que el público se ha interesado en manejar su propia operación de tratamiento de aguas; este factor puede ser el decisivo si se realiza un complejo. Normalmente es medido de forma sensorial, el olfato humano, pero existen instrumentos y softwares para analizarlos (Olivos Lara, 2010).

5) Temperatura. La temperatura es un factor importante debido a que las aguas residuales poseen una temperatura mayor a la del abastecimiento, ocasionado por el agua caliente proveniente de viviendas, con relación a la industria por componentes químicos, como refrigerantes. Es importante debido a que los sistemas de tratamiento de aguas residuales poseen procesos biológicos que dependen de una cierta temperatura. Incluso las reacciones químicas y las velocidades de las reacciones son alteradas y la vida acuática afectada (Villela, 2014). La temperatura afecta la tasa de sedimentación, en aguas cálidas es mayor que en aguas frías debido al cambio en la viscosidad del agua. A mayor temperatura los tiempos de retención en tratamientos biológicos disminuyen, por el contrario, en épocas frías estos procesos son menos eficientes (Olivos Lara, 2010)

6) Conductividad. La conductividad no es más que la propiedad que posee la solución para transmitir la corriente eléctrica, esta característica se usa principalmente para la posibilidad de la utilización de la misma para uso de riego; esta se expresa en microohms por centímetro (Villela, 2014).

c. Características químicas. Los componentes químicos que posee las aguas residuales usualmente se clasifican en inorgánicos y orgánicos. En relación con los compuestos inorgánicos de mayor interés se encuentran los nutrientes, compuesto no metálicos, metales y gases. Los compuestos orgánicos son todos aquellos que poseen en su constitución carbono e hidrógeno (Villela, 2014).

1) pH. El potencial de hidrógeno, conocido coloquialmente como pH, es la medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia, medida en una escala de 0 a 14, siendo 7 neutro, y valores debajo de este serian sustancias ácidas y arriba alcalinas (EcuRed, PH, 2). El intervalo adecuado de pH para que se desarrolle vida está entre un rango de 5 a 9, por lo que rangos superiores o menores a estos, puede dificultar el tratamiento mediante agentes biológicos. Si el pH no es tratado y es vertido en un cuerpo receptor, este será alterado y puede provocar daños al ecosistema (Villela, 2014).

2) Cloruros. Los cloruros en el agua residual son importantes debido a que están relacionados a la reutilización de esta, naturalmente estos provienen de los cloruros lixiviados de las rocas y los suelos con los que se tienen contacto. De igual forma es añadido en consecuencia del uso humano, en las heces fecales humanas que aportan un aproximado de 6g de cloruro por persona/día (Villela, 2014). Los cloruros interfieren en el ensayo de DQO y su determinación también sirve para el control de contaminación marina; la concentración que se considera tóxico para el tratamiento biológico es de 15000 mg/l (Olivos Lara, 2010).

3) Gases. Los gases que se encuentran con mayor frecuencia en las aguas residuales son el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, encontrándose en todas las aguas en contacto con la atmósfera;

además del amoniaco, sulfuro de hidrógeno y metano, creados por la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales (Aguamarket, 2017).

4) Oxígeno disuelto. Es uno de los valores más importantes de la medición de la calidad del agua, estos varían entre 7 a 9 mg/L. El principal aporte de oxígeno es el aire en difusión con el agua, por la turbulencia en los cuerpos de agua y por el viento. Por lo que, cuando la materia orgánica se oxida genera un agotamiento del oxígeno disuelto disponible en el agua (Villela, 2014).

5) Metales. Los metales son fundamentales para el tratamiento, reutilización y vertimiento de los lodos, ya que los organismos dependen de ellos en ciertas cantidades para desarrollarse correctamente, tales como lo son el hierro, cobre, zinc, entre otros. Las cantidades que lleva el agua suelen ser distintas, pero cuando son elevadas llegan a ser tóxicos para el consumo humano y para ciertos organismos (Villela, 2014).

6) Nitrógeno. El nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas por lo que es necesario saber el contenido que posee el agua para seleccionar correctamente el proceso biológico a utilizar. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico (Villela, 2014).

7) Fósforo. Este elemento es fundamental para el crecimiento y desarrollo de varios organismos en un cuerpo receptor, pero si las cantidades son excesivas puede crear una proliferación de algas y otros organismos biológicos prejudiciales, creando eutrofización (Villela, 2014).

8) Azufre. El azufre sirve para la síntesis de proteínas en los organismos, este se encuentra de forma natural en los cuerpos de agua, como también en las aguas residuales. Luego que se degradan los organismos se libera el azufre a la atmósfera (Villela, 2014).

9) Grasas y aceites. El contenido de las grasas y aceites se determina con triclorotrifuoroetano en una muestra de residuo. Las grasas animales y vegetales son parecidas debido a que ambas están compuestas por ácidos grasos, alcohol y glicerina. Aquellos que se encuentran en estado de solidificación se les conoce como grasa, mientras los que se encuentran en estado líquido son aceites. Es importante saber que la presencia de estos genera problemas en tanque sépticos y otros tratamientos de aguas residuales, por lo que es importante removerlos (Villela, 2014).

d. Características biológicas. Las características biológicas toman importancia en el control de enfermedades causadas por patógenos de origen humano o por la proliferación de bacterias antes o durante el tratamiento de aguas residuales.

1) Bacterias. Existen muchas bacterias inofensivas que se encuentran en el tracto intestinal naturalmente, pero cuando un individuo se encuentra infectado de alguna enfermedad intestinal, en sus heces se encuentran gran cantidad de bacterias patógenas, contaminando directamente el agua. Los grupos de

bacterias más comunes encontradas en las aguas residuales domésticas son del género: *Salmonella*, *Shigella* y *Escherichia coli* (Villela, 2014).

2) Protozoos. Los principales organismos que causan enfermedades y los más comunes encontrados en aguas residuales son los *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora* y *Giardia lamblia*; estos son importantes debido a que afectan principalmente a la población que posee deficiencia en el sistema inmunológico (Villela, 2014).

3) Helmitos. Estos son parásitos que se encontran en las aguas residuales, algunos de estos son las lombrices intestinales como la *Ascaris lumbricoides*, la tenia solitaria, *Taenia saginata* y *Taenia solium*. Cada parásito es infeccioso en distinta etapa de su vida, algunos de ellos cuando son mayores, otros en estado de larva, mientras que otros siendo huevos. Cada uno de estos pueden resistir a condiciones de ambientes adversas y sobrevivir a varios tipos de tratamiento convencionales (Villela, 2014).

4) Virus. En las aguas residuales se presentan condiciones adecuadas para la proliferación de estos, existen más de cien diferentes virus entéricos que transmiten algún tipo de infección o enfermedad. La mayoría de estos se reproducen en el tracto intestinal de individuos infectados, luego de ser expulsados en las heces se genera la transmisión de estos (Villela, 2014).

2. Plantas de tratamiento de aguas residuales

a. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Esta se define como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos aerobios para degradar la materia orgánica biodegradable existente en el agua residual. Esta se mida en miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, y se expresa en partes por millón (ppm) de oxígeno (Santambrosio, 2011).

La prueba del DBO se realiza en un periodo de cinco días, esta consiste en llenar completamente un frasco con una muestra cerrada herméticamente y se incuba a una temperatura de 20 ºC; el oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación. El DBO de la prueba se obtiene por la diferencia entre ambas mediciones, debido a que se realiza en cinco días el resultado se le conoce como DBO_5 (Abramovich, 2007).

"Un DBO elevado, indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua" (Santambrosio, 2011).

Cuadro 17. DBO posible en el agua

Agua potable	0.75 a 1.5 ppm
Agua poco contaminada	5 a 50 ppm
Agua potable negra municipal	100 a 400 ppm
Residuos industriales	500 a 10000 ppm

Fuente: (Santambrosio, 2011)

b. Demanda química de oxígeno (DQO). La demanda química de oxígeno corresponde a la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente por medios químicos los compuestos orgánicos (Osorio, 2002). Cuanto mayor sea el DQO, más contaminada está el agua. La DQO es un aprueba que solo toma alrededor de tres horas, por lo que es recomendable ya que los resultados se pueden obtener en menor tiempo que el DBO (Nihon Nasetsu, 2015).

La diferencia principal entre el DQO y el DBO es que la primera engloba a la segunda, esto es debido a que el DBO solo detecta el material orgánico degradable biológicamente, mientras el DQO detecta la materia orgánica degradable y el no biodegradable, inorgánico, pero que es químicamente oxidable (Nihon Nasetsu, 2015).

Cuadro 18. DQO posibles en el agua

Agua Pura	2 – 20 mg/l
Agua poco contaminada	20 – 100 mg/l
Agua mediamente contaminada	100 – 500 mg/l
Agua muy contaminada	500 – 3000 mg/l
Agua extremadamente contaminada	3000 – 15000 mg/l

Fuente: (Nihon Nasetsu, 2015)

c. Relación DBO_5 y DQO. El índice de biodegradabilidad surge al dividir la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días con la demanda química de oxígeno. Las aguas residuales poseen sólidos suspendidos, sólidos disueltos, materia orgánica, los cuales algunos de ellos son biodegradables. La biodegradabilidad de estas sustancias es la propiedad que permite la depuración de las aguas residuales por medio de tratamiento biológicos; debido a que los microorganismos utilizan estas sustancias como alimento y fuente de energía para su reproducción y metabolismo (Osorio, 2002).

Existen sustancias que no son o son lentamente biodegradables, por lo que no es posible tratar las aguas residuales con agentes biológicos, por lo que, es necesario incorporar mecanismos físicos y químicos para tratar estos elementos. Para las aguas residuales que contengan materia orgánica natural, la degradación por medio de microorganismos es relativamente fácil, exceptuando las grasas y aceites (Osorio, 2002).

Cuadro 19. Índice de biodegradabilidad

	Poco biodegradable	Biodegradable	Muy biodegradable
$\frac{DBO_5}{DQO}$	<0,2	0,2-0,4	>0,4

Fuente: (Soza, 2010)

3. Etapas de una PTAR

a. Tratamiento preliminar. El tratamiento preliminar se utiliza para proteger el equipo de bombeo y hacer más fácil los siguientes procesos. Los dispositivos utilizados para el tratamiento preliminar están destinados a la eliminación de sólidos mayores y sólidos en flotación, estos consisten generalmente de trozos de madera, telas, papel, desechos sólidos en su mayoría; además de sólidos inorgánicos pesados como la arena, grava, incluso objetos metálicos; por último, eliminar la cantidad excesiva de aceite y grasas (Hilleboe, 1969). En el tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

1) Rejas y cribas de barras. Están formadas por barras usualmente espaciadas entre 2 hasta 15 cm, dependiendo el tamaño de los sólidos a retener. Generalmente tienen claros entre barras de 2.5 a 5 cm. En algunas plantas de tratamiento se utilizan cribas en posición vertical con un ángulo de 90 grados respecto a la horizontal, pero por regla general se deben instalar con ángulo de 45 a 60 grados con la vertical, esto es para que el agua pueda cruzar con fluidez las rejas, levantando los sólidos debido a la pendiente generada y hace que su remoción sea más fácil. Si las cribas se colocan en forma vertical pueden generar taponamiento si existieran demasiados sólidos en las aguas residuales (Hilleboe, 1969).

La limpieza de las rejas se hace manualmente, si la cantidad de sólidos es alta pueden utilizarse rastrillos automáticos. Si la limpieza se hace manual se recomienda utilizar una inclinación de 30 a 45 grados con la vertical. Los sólidos separados por medio de estas se eliminan enterrándolos o incinerándolos, o se reducen en partículas más pequeñas por medio de trituradoras o desmenuzadoras y se reintegran a las aguas negras (Hilleboe, 1969).

Figura 37. Rejas o cribas

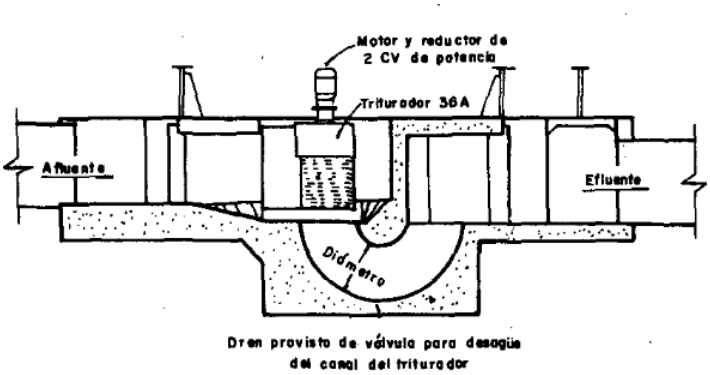


Fuente: (Martinez, 2014)

2) Desmenuzadores. En los desmenuzadores entran los molinos, cortadoras y trituradoras, estos dispositivos sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal que permita que estos sean reincorporados a las aguas negras y no afecten a los equipos de bombeo u obstrucción en las tuberías. Estos

sistemas pueden ser utilizados juntamente con las cribas, usualmente antes para que no exista la separación o remoción de los sólidos. Los mecanismos anteriores usualmente reducen los sólidos a un tamaño menor de 6 mm, estas funcionan por hojas dentadas o afiladas (Hilleboe, 1969).

Figura 38. Esquema de un desmenuzador



Fuente: (SEDUE, 1985)

3) Desarenadores. Las aguas residuales por lo general contienen cantidades grandes de sólidos inorgánicos como lo son las arenas, gravas y ceniza, al conjunto de estas se les conoce solamente arenas. El problema de las arenas recae en el posible daño de las bombas por la abrasión y puede provocar obstrucciones en los sistemas. Comúnmente los desarenadores se colocan antes de las bombas o de los desmenuzadores, además deben ser precedidas por cribas de barras y rastrillos gruesos (Hilleboe, 1969).

Los desarenadores son en forma de canales, y su objetivo es lograr la disminución de la velocidad para que los sólidos inorgánicos pesados se sedimente y la materia orgánica siga en suspensión, esto se logra acercando lo más posible la velocidad de las aguas negras a 30cm por segundo. El tiempo de retención es proporcional al tamaño de las partículas que se deben separar, pero generalmente este valor varía de 20 segundos hasta un minuto (Hilleboe, 1969).

Limpieza: Los desarenadores pueden limpiarse manual o mecánicamente, dependiendo del diseño. Si este va ser de forma manual se recomienda que posea un espacio de almacenamiento para que las arenas se depositen, si es mecánico no necesita tanto espacio, debido a que la remoción sería más continua (Hilleboe, 1969).

Lavado de arenas: Las arenas siempre contienen residuos de materia orgánica que puede descomponerse y generar malos olores. Lo recomendable es lavar la arena y cuando la materia orgánica es removida, regresarla a las aguas residuales (Hilleboe, 1969).

Cantidad de arenas: El diseño de los desarenadores depende mayormente para el tipo de agua residual, y en que tuberías se movilizan, entiéndase si la tubería solo contiene agua estrictamente domiciliar, la arena

será mínima; mientras si es tubería combinada esta tendrá un nivel más alto debido al arrastre que genera la lluvia (Hilleboe, 1969).

Operación: Cuando los desarenadores están diseñados para aguas residuales combinadas y su limpieza es de forma manual, deben limpiarse luego de una temporada alta de precipitación. Cuando el depósito esté lleno en un 50% este debe retirarse y lo recomendable es remover las arenas por lo menos cada 10 días (Hilleboe, 1969).

Eliminación de material retenido en las rejas y el desarenador: El material que es retenido se descompone rápidamente gracias a la incidencia solar, esto produce olores desagradables por lo que debe recolectarse diariamente o con una frecuencia aceptable. El material recolectado puede enterrarse, incinerarse o pasarlo por los desmenuzadores (Hilleboe, 1969).

Figura 39. Desarenador de cámaras paralelas



Fuente: (Rancho, 2015)

4) Tanques de preareación. La preareación se realiza para obtener las siguientes ventajas:

- Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastren las aguas residuales.
- Refrescar las aguas residuales antes de llevar a cabo el tratamiento.
- Disminuir la DBO.

(Hilleboe, 1969)

La preaeración se logra introduciendo aire en las aguas residuales durante 20 a 30 minutos a una razón normalmente de 0.75 litros de aire por litro de aguas negras. La introducción de aire puede realizarse de dos maneras, la primera sería la introducción por aire comprimido y la segunda sería por movimiento mecánico que permite que las aguas residuales entren en contacto directo con el aire de la atmósfera. La agitación de las aguas permite que los sólidos en suspensión livianos se aglomeren y permitan su rápida sedimentación en

los tanques. Además, ayuda a separar las grasas y el aceite de las aguas residuales y llevarlos a la superficie (Hilleboe, 1969).

Figura 40. Tanque de preaeración

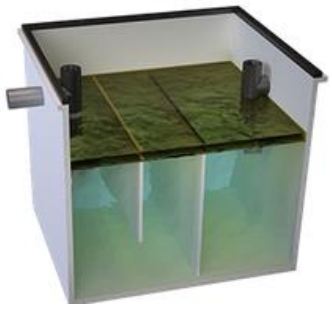


Fuente: (Framepool, 2004)

5) Trampa de grasas y aceites. Una trampa de grasa es un dispositivo que se utiliza para separar los residuos sólidos y las grasas de las aguas residuales, comúnmente se coloca en las residencias posterior a lavados, preparación de alimentos, entre otros; pero se coloca también antes de un sistema que trabaje por medio de microorganismo que degraden la materia orgánica, como lo son los tanques Imhoff o RAFA (QUIMA, 2013).

La trampa de grasa retiene levemente sólidos en suspensión por sedimentación y por flotación la grasa y el aceite debido a que son más livianos que el agua. Es idóneo que se limpie este dispositivo, para evitar taponamientos en las tuberías y mal funcionamiento de sistemas posteriores a este. Es importante para que estas no se solidifiquen por la actividad solar (QUIMA, 2013).

Figura 41. Trampa de grasas y aceites



Fuente: (Ecodena, 2017)

b. Tratamiento primario. En el tratamiento primario se eliminan o separan la mayoría de los sólidos suspendidos, aproximadamente en un 40 a 60%, mediante asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agrega ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sólidos sedimentables, por lo que se llega a un 80 a 90% de sólidos suspendidos (Hilleboe, 1969).

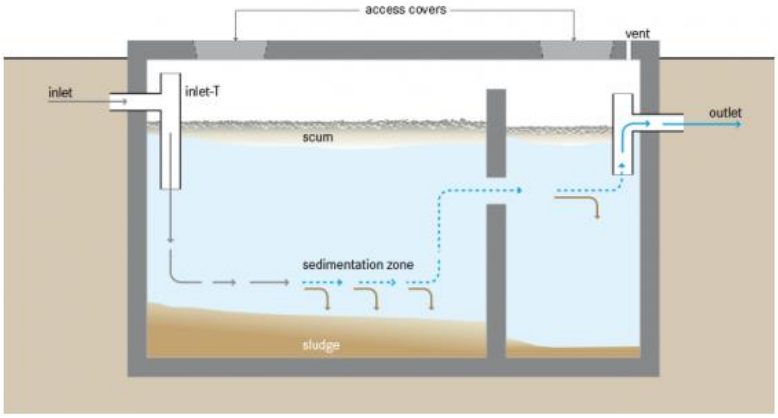
En el proceso primario la actividad biológica posee escasa importancia. El propósito fundamental del tratamiento primario es la disminución de la velocidad de las aguas residuales, lo suficiente para que puedan sedimentarse los sólidos. La velocidad a la que se reduce el flujo es hasta uno o dos cm por segundo en un tanque de sedimentación (Hilleboe, 1969).

En muchos casos el tratamiento primario es suficiente para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras (Hilleboe, 1969). Los dispositivos utilizados en el tratamiento primario se les conoce como tanques de sedimentación y se pueden dividir en cuatro categorías, que son:

1) Tanques sépticos. Este tanque está diseñado para mantener las aguas negras a una velocidad baja y en condiciones anaerobias, por un periodo de 12 a 24 horas, donde se logra la eliminación de sólidos sediméntales. El proceso ocurre cuando los sólidos se descomponen en el fondo del tanque, produciendo así gases que obligan a subir a los sólidos a la superficie, creando una capa o nata; el proceso es repetitivo (Hilleboe, 1969).

Según Hilleboe, los tanques sépticos se usan en instalaciones pequeñas, en residenciales aisladas o en escuelas. Lo problemático de este tanque es cuando la materia se separa del agua, se puede volver a integrar y mezclarse nuevamente por lo que es perjudicial a la hora de un tratamiento secundario. La ventaja de este dispositivo es que requiere una atención mínima, bastando con la limpieza ocasional de lodos y natas.

Figura 42. Esquema de un tanque séptico



Fuente: (SSWM, Septic Tank, 2017)

2) Tanque de doble acción (Imhoff). Los tanques de doble acción corrigen el problema del tanque séptico donde se escapaban cierto porcentaje de sólidos, este los retiene para su descomposición en el mismo tanque, logrando así que ya no se mezclen con el agua negra. Además, al quitar los sólidos permite que el tratamiento siguiente funcione de mejor manera (Hilleboe, 1969).

El tanque de doble acción lo invento el Dr. Karl Imhoff, por esta razón se le conoce como tanque de Imhoff. Este puede tener dos formas, circular o rectangular siendo la segunda la más usada, y se divide en tres cámaras, que son:

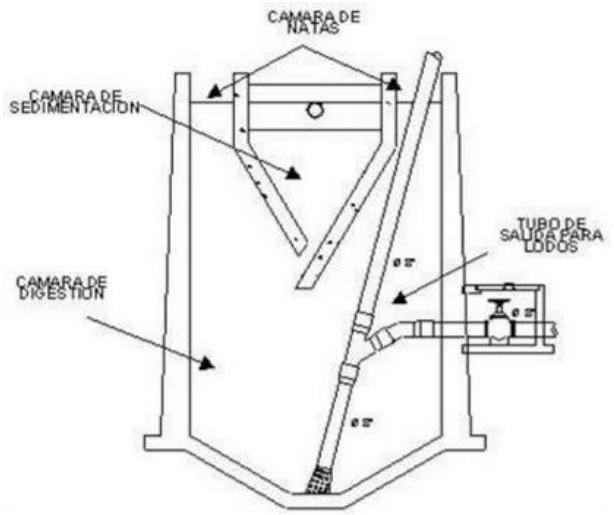
1. Sección superior, conocida como cámara de derrame continuo o compartimiento de sedimentación;
2. Sección inferior, conocida como cámara de digestión de lodos; y,
3. Respiradero y cámara de natas.

Según Hilleboe, todas las aguas negras fluyen a través del compartimiento superior, luego los sólidos se depositan en el fondo del compartimiento que tiene pendientes de aproximadamente 1.4 unidades en el sentido vertical para una horizontal. Posteriormente una de las partes inclinadas del tanque se proyecta 15 cm más, esto no permite que los gases o partículas de lodos se pongan en contacto con las aguas negras nuevamente. Los gases y partículas ascendentes son desviadas a los respiraderos, donde se encuentran las natas; estos deben tener una superficie, por lo menos un 20% de la superficie total del tanque.

Hilleboe comenta que el tanque Imhoff, por no poseer piezas mecánicas debe realizarse ciertos procesos para su correcto funcionamiento, los cuales son:

1. Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes, de la sección superior.
2. Raspar semanalmente los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación, con un cepillo de goma.
3. Limpiar semanalmente la ranura del compartimiento de sedimentación.
4. Controlar la nata en la cámara de natas, rompiéndola por medio de chorros de agua a presión y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60 cm.
5. La descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a estar cerca de 45 cm de distancia de la ranura del compartimiento de sedimentación. Esta debe de ser con una velocidad moderada, además de determinar el nivel cada mes.
6. Limpiar con aguas negras, o agua limpia los canales de descargas para impedir que los lodos se endurezcan en la tubería.
7. Prevenir la aparición de “espumas” estas se deben a que el pH de los lodos es muy ácido, en ocasiones se puede solucionar con agregar cal hidratada.

Figura 43. Esquema de un tanque Imhoff



Fuente: (Gallegos, 2011)

3) Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos. La función principal de estos tanques es separar los sólidos sedimentables de las aguas residuales, por medio de la sedimentación. Los sólidos posteriormente se extraen para que no se genere la descomposición de los mismos. Estos se pueden acumularse en la profundidad del tanque, en tolvas o embudos donde se utiliza equipo mecánico para recolectarlos (Hilleboe, 1969).

Según Hilleboe, los tanques de sedimentación simple y con limpieza mecánica son más eficientes a la hora del proceso de digestión de los lodos, debido a que se puede controlar mejor, y para operaciones grandes es un menor costo de construcción; la desventaja mayor es que se necesita tiempo y competencia para manejarlo, debido a que la operación es más delicada y existe un mantenimiento para las piezas mecánicas.

Figura 44. Tanque de sedimentación con eliminación de lodos



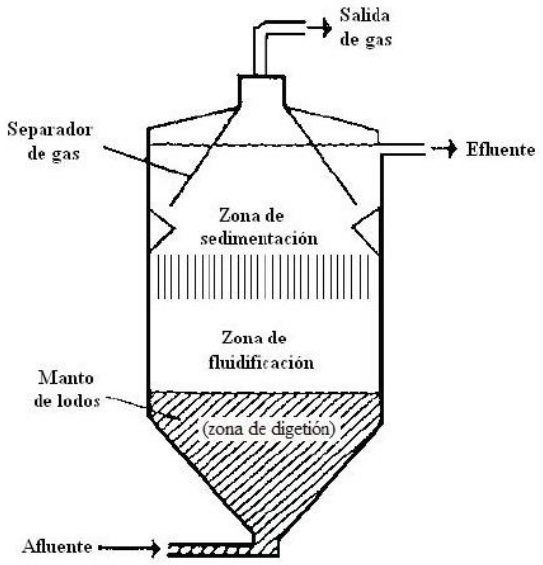
Fuente: (Jumapam, 2014)

4) Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

El reactor anaerobio de flujo ascendente trabaja por medio de la reacción bioquímica de los microorganismos anaerobios, convirtiendo la materia orgánica, en biogases como lo son el metano y bióxido de carbono, además también los convierte en materiales más estables. En este tipo de reactor el agua residual a tratar es conducida desde la parte superior del reactor hacia el fondo por medio de tuberías. El afluente fluye en sentido ascendente y atraviesa el manto de lodos producido por los microrganismos antes mencionados y estos forman una especie de filtro para tratar el agua residual (CONAGUA, 2016).

La geometría del tanque puede ser circular o rectangular, puede estar completamente tapado, por lo tanque solamente se podrán observar los tubos que permiten la liberación de los gases. El reactor anaerobio no empieza a funcionar inmediatamente, por lo que es práctica común arrancarlo mediante lodo activado de un digestor municipal o también se puede utilizar estiércol de vaca (CONAGUA, 2016).

Figura 45. Esquema de un RAFA



Fuente: (Méndez Novelo, 2011)

c. Tratamiento secundario. El tratamiento secundario debe hacerse cuando las aguas negras todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión o soluciones que las aguas receptoras puedan asimilar sin oponerse, después del tratamiento primario (Hilleboe, 1969).

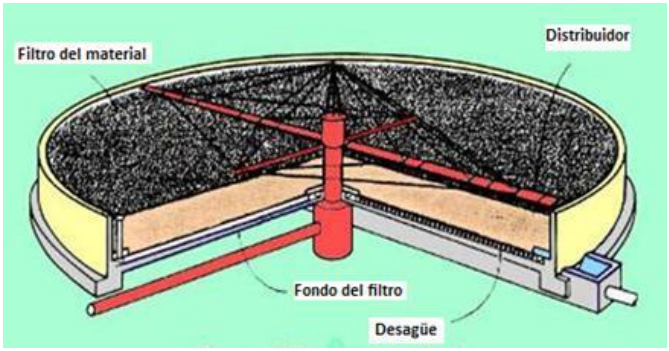
Hilleboe comenta que el tratamiento depende principalmente de organismos aerobios, para la descomposición de sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables; la eficiencia radica en mantener las condiciones ambientales favorables para el ciclo vital de los organismos, además de la cantidad de materia orgánica que descompongan. Los dispositivos que se usan para este tratamiento se dividen en cuatro grupos, que son:

1) Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria. El objetivo principal de los filtros goteadores es poner en contacto a las aguas negras sedimentadas con cultivos biológico. Estos son mecanismos resistentes que no se dañan con facilidad y son capaces de resistir malos tratos. En esta unidad la temperatura es fundamental para que los organismos biológicos actúen adecuadamente, en climas fríos afecta su rendimiento. Cabe resaltar que los filtros ocupan grandes superficies y su construcción es costosa (Hilleboe, 1969).

Es necesario contar con tratamientos primarios de sedimentación para que el filtro goteador funcione mejor, ya que permitiría que los organismos degraden mejor la materia orgánica, y no saturarlos. Según Hilleboe un filtro goteador típico se construye con tres partes:

1. Lecho o medio filtrante: El material a utilizar se restringe principalmente por la localidad o del costo del acarreo, este puede ser de piedras del suelo, grava, piedra triturada, escorias de alto horno y antracita. El material idóneo debe ser inerte, en formas casi cúbicas, duro, limpio, sin polvo e insoluble. Además, el tamaño es importante, este debe pasar por una malla de 12.5 cm, pero ser retenido en una malla de 5 cm. El espesor del lecho filtrante no debe ser menor a 1.5m ni mayor a 2.1m.
2. Sistema recolector: Estos sirven para retirar las aguas negras que ya han pasado por el medio filtrante y para proporcionar ventilación al filtro para que el ambiente aeróbico se mantenga. El sistema consiste en bloques prefabricados de arcilla vidriada o de concreto que cubren completamente el fondo, estos son rectangulares y poseen ranuras en su cara superior igual a un 20% del total de su superficie.
3. Distribuidores: Las aguas residuales se distribuyen por medio de aspersores fijos o giratorios, dependiendo de la geometría del lecho a utilizar. Los aspersores están por encima del lecho para que las aguas residuales caigan de una forma equitativa en toda la superficie.

Figura 46. Filtro goteador o percolador



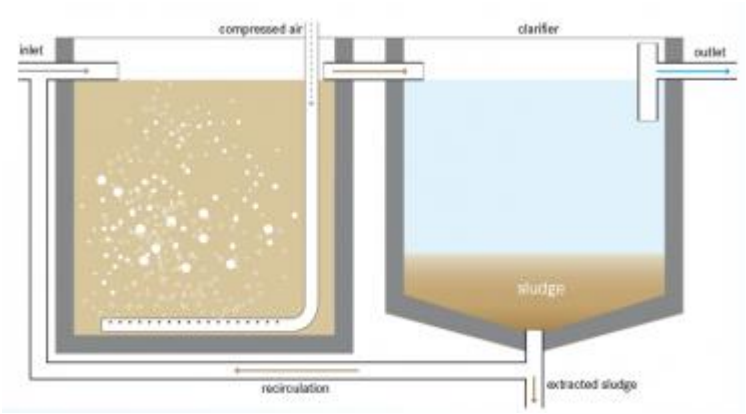
Fuente: (Roa, 2012)

2) Lodos activados. Este proceso utiliza microorganismos para tratar las aguas residuales, estos microbios se encuentran en gran abundancia en los lodos. La mezcla de lodos es aireada de tal forma

que exista suficiente oxígeno para que los microorganismos puedan descomponer los materiales orgánicos. Es necesario que se utilice tratamiento primario, para eliminar la mayor parte de sólidos sedimentables, además de las grasas y aceites (RWL Water News Team, 2014).

Según RWL Water, el proceso de lodos activados tiene tres componentes básicos: 1) un reactor en el que los microorganismos se mantienen en suspensión, aireados y en contacto con el agua a tratar, 2) una fase de separación líquido-sólido y 3) un sistema de reciclaje de lodos para utilizarlos nuevamente en el proceso. Los organismos utilizados para la descomposición de los compuestos varían, estos pueden ser bacterias, nemátodos y otros pequeños organismos. Cabe resaltar que los microorganismos a utilizar dependen de los compuestos orgánicos que se encuentren en las aguas residuales.

Figura 47. Tratamiento con lodos activados



Fuente: (SSWM, Activated Sludge, 2014)

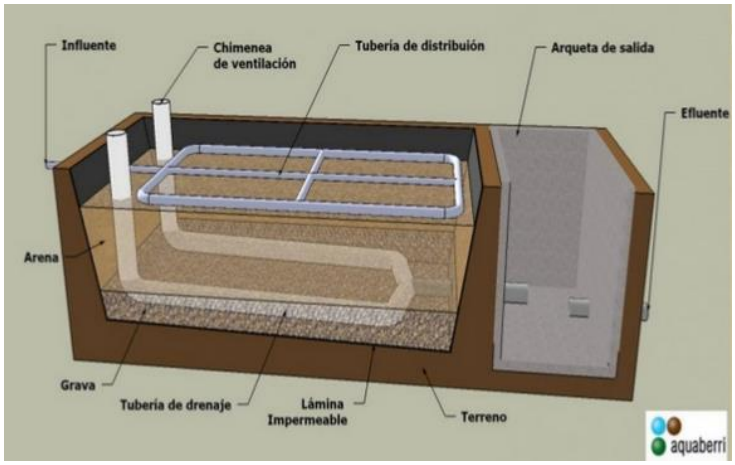
3) Filtros de arena intermitentes. Los filtros de arena son lechos o camas de material granular, con un cierto espesor, adentro de una caja hermética forrada de concreto o plástico. Los tipos de filtros de arena según Bruce Lesikar y Juan Enciso, son los siguientes:

1. Filtro de arena intermitente: Las aguas residuales se agregan periódicamente a una cama de arena, con una profundidad de 24 a 36 pulgadas. En la parte de abajo del lecho se encuentra grava y teja de recolección.
2. Filtro de arena intermitente de recirculación: Es exactamente igual que el anterior, la diferencia radica en que el efluente se pasa varias veces en el lecho antes de descargarlo al efluente o al posterior sistema.

Los filtros pueden ser de acceso libre o enterrados en el suelo, el segundo se aconseja debido a que puede armonizar de mejor manera con el ambiente. El filtro separa físicamente las partículas del agua residual, además de retener los contaminantes al pegarse a la superficie de la arena y a los microorganismos biológicos existentes en la arena y permite que los organismos consuman los nutrientes existentes en las aguas residuales, estos procesos necesitan que existan oxígeno para funcionar. Los filtros de acceso libre se deben

cubrir en lugares donde existen mucha lluvia, o esta propenso a temperaturas bajo cero, cabe resaltar que el vertido de las aguas residuales debe ser de forma uniforme (Enciso & Lesikar, 2017).

Figura 48. Filtro de arena intermitente



Fuente: (Mamani, 2014)

4) Estanques de estabilización. A los tanques de estabilización se les conoce como lagunas de oxidación, estas consisten en excavaciones de poca profundidad en el cual se desarrolla un conjunto de microorganismos, como los son las bacterias, algas y protozoos, que conviven en forma simbiótica y eliminan de forma natural patógenos relacionados con excrementos humanos, sólidos en suspensión y materia orgánica. Es uno de los tratamientos más sencillos y viejos, su costo de construcción es bajo; pero se necesita una gran extensión de terrenos para funcionar (Mogollón, 2009).

Según Mogollón, los sistemas de lagunas pueden ser varias para mejorar el agua residual, estas consisten en dejarlas en contacto con el entorno, para que experimenten el proceso de oxidación y sedimentación; el agua superficial de las lagunas queda libre de DBO entre un 70 a 85%, suficiente para su liberación en afluentes naturales o en pozos de absorción.

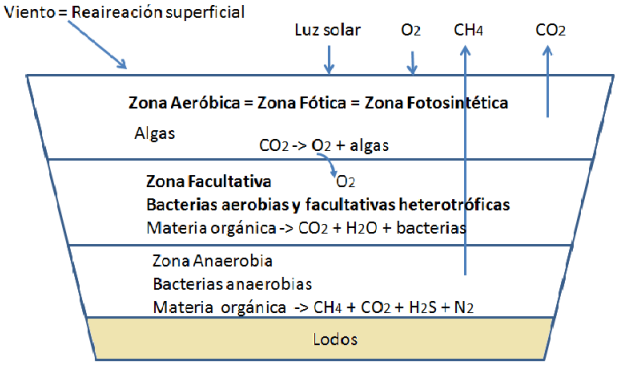
Según Fabián Yánez, las lagunas de oxidación se dividen en tres, las cuales son:

1. Lagunas aeróbicas: Estos tanques se les conoce como fotosintéticas, y poseen una profundidad reducida de 30cm y son diseñadas para una máxima producción de algas. La descomposición de la materia orgánica es debido solo a organismos aeróbicos, y las condiciones se mantienen en todo nivel y todo el tiempo.
2. Lagunas anaeróbicas: Los tanques anaeróbicos poseen mayor profundidad, se encuentran entre 2.5 a 4 m, estas reciben cargas orgánicas más elevadas por lo que las algas quedan suprimidas y se encuentra un ambiente con ausencia de oxígeno en todos los niveles. En estas lagunas existen dos tipos de organismos, los que atacan las sustancias orgánicas y las transforman en compuestos

más simples y ácidos orgánicos; y los que utilizan los productos de estos para formar gases como el metano y dióxido de carbono.

3. Lagunas facultativas: Estos tanques poseen una profundidad de 1 a 1.8 m, quedando intermedio entre las otras dos. El contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. Este tanque utiliza la simbiosis de los microorganismos aeróbicos con las algas en la parte superior del tanque y en la parte inferior participa la degradación por medio de microorganismo anaeróbicos.

Figura 49. Esquema de lagunas de estabilización



Fuente: (Bianco, 2012)

d. Tratamiento terciario. El tratamiento terciario también conocido como tratamiento avanzado permiten obtener mejores rendimientos de eliminación de DBO5 y materia en suspensión, así como la reducción de componentes más específicos como los nutrientes y metales, para su posterior integración en afluentes (García, Betancort, Salas, Peñate, & et. al., 2006).

1) Cloración. En el tratamiento terciario comúnmente se utiliza la cloración, pero puede utilizarse en los procesos anteriores (Hilleboe, 1969). Este método se aplica para lograr los siguientes propósitos:

- Desinfección o destrucción de organismos patógenos;
- Prevención de la descomposición de las aguas negras para el control del olor y la protección de las estructuras de la planta;
- Como auxiliar en operaciones como sedimentación, filtros goteadores y lodos activados; y,
- Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

(Hilleboe, 1969)

e. Tratamiento de lodos. Los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en el tratamiento primario y secundario. Algunas veces pueden desecharse sin un tratamiento previo. La mayoría de las veces deben contener un tratamiento para eliminar parcial o totalmente el agua contenida en los lodos y la descomposición de todos los sólidos orgánicos putrefactos, transformándolos en sólidos minerales o sólidos orgánicos estables (Hilleboe, 1969). Este tratamiento se logra con la combinación de dos o más de los siguientes métodos, según Hilleboe:

- Espesamiento: Consiste en concentrar los lodos diluidos para hacerlos más densos, en tanques especiales, además de eliminar el exceso del agua para que la digestión sea en menos volumen de sólidos.
- Digestión: Es el mismo proceso que se genera en los tanques de doble acción, pero en tanques separados, este permite disminuir el volumen y descompone la materia orgánica putrefacta hasta formar compuestos inertes o estables.
- Secado en lechos de arena: Su función es secar los lodos, dejando así poca agua y permite manejar la materia sólida.
- Acondicionamiento con productos químicos: La adición de productos químicos como el ácido sulfúrico, el alumbre, el cloruro férrico, entre otros; permite bajar el valor de su pH hasta el punto de que permite que las partículas más pequeñas se coagulen formando partículas más grandes y logrando que la separación del agua sea más fácil. Cabe mencionar que el producto a utilizar recae en el precio del mercado, y algunos de ellos se han de hacer modificaciones a los tanques por ser componentes ácidos.
- Elutriación: Este consiste en el lavado de los lodos por medio de agua, se trata de extraer los compuestos amínicos o amoniacales que se encuentran en cantidades excesivas. Es recomendable utilizarlo como un pretratamiento. El agua se pone en contacto con los lodos durante un tiempo corto, inferior a 20 segundos, en tanques similares a los de sedimentación.
- Filtración al vacío: Este elimina el agua de los lodos, por medio de un tambor que gira lentamente aplicando un vacío en el interior del medio filtrante. El medio filtrante puede ser de algodón, lana, entre otros, el tambor debe estar sumergido una cuarta parte en el lodo, en el transcurso del vacío el agua es exprimida fuera de la tela.
- Secado por calentamiento: Este no es más que la utilización de hornos de secado, para reducir hasta un 10 por ciento de contenido de humedad de los lodos. Los hornos que se utilizan comúnmente son: el horno secador rotatorio, el secador instantáneo, el secador de pulverizadores y el horno de hogar múltiple.
- Incineración: Como su nombre lo dice, incinera el lodo proveniente de los de cualquier horno mencionado anteriormente. Este proceso es factible para las plantas que generen muchos lodos, debido a que el equipo a utilizar es costoso.

- Oxidación húmeda (proceso Zimmerman): Este consiste en calentar los lodos de forma constante por medio de cambiadores de calor, y en el proceso se inyecta oxígeno, para oxidar los lodos.

4. Marco legal guatemalteco

a. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 – "Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos"

Acuerda lo siguiente:

Establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Puesto que es importante proteger los cuerpos receptores de agua, recuperación de los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización y promover el desarrollo del recurso hídrico.

Artículo 2. APLICACIÓN.

Debe aplicarse a:

a) Los entes generadores de aguas residuales;
b) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
c) Las personas que produzcan aguas residuales para reuso;
d) Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
e) Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES.

Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

a) Temperatura,
b) Potencial de hidrógeno,
c) Grasas y aceites,
d) Materia flotante,
e) Sólidos suspendidos totales,
f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
g) Demanda química de oxígeno,
h) Nitrógeno total,
i) Fósforo total,
j) Arsénico,
k) Cadmio,
l) Cianuro total,
m) Cobre,
n) Cromo hexavalente,
o) Mercurio,
p) Níquel,
q) Plomo,
r) Zinc,
s) Color y
t) Coliformes fecales.

Artículo 17. MODELO DE REDUCCIÓN PROGESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.

"Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente":

Etapa	**Uno**				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración (años)	5				
Carga, kg/día	3000≤EG<6000	6000≤EG<12000	12000≤EG<25000	25000≤EG<50000	50000≤EG<250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapa	**Dos**				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince				
Duración (años)	4				
Carga, kg/día	3000≤EG<5500	5500≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<50000	50000≤EG<125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
Etapa	**Tres**				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración (años)	5				
Carga, kg/día	3000≤EG<5000	5000≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<65000	
Reducción porcentual	50	70	5	90	
Etapa	**Cuatro**				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración (años)	4				
Carga, kg/día	3000≤EG<4000		4000≤EG<7000		
Reducción porcentual	40		60		

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por dia.

Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES.

"Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de entes generadores existentes son:

			Fecha máxima de cumplimiento			
			02-05-2011	02-05-2015	02-05-2020	02-05-2024
			Etapa			
Parámetros	**Dimensionales**	**Valores iniciales**	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milimetros	$< 1x10^8$	$< 1x10^6$	$< 1x10^5$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Artículo 21. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA ENTES GENERADORES NUEVOS.

"Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor de doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno."

Además de cumplir con los siguientes límites máximos permisibles:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milimetros	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.

"Las municipales o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público cumplirán los siguientes límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores":

a) Con lo preceptuado en los artículos 17-20, de conformidad con los plazos establecidos en el artículo presente.

b)

			Fecha máxima de cumplimiento			
			02-05-2015	**02-05-2020**	**02-05-2024**	**02-05-2029**
			Etapa			
Parámetros	**Dimensionales**	**Valores iniciales**	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milimetros	$< 1x10^8$	$< 1x10^7$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

"Todas las municipales deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario al cumplirse a más tardar el dos de mayo del dos mil quince."

Artículo 32. EXENCIÓN DE PAGO POR SERVICIOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

"Las personas que descarguen sus aguas residuales al alcantarillado público, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la literal b) del artículo 24 del presente Reglamento, estarán exentas de todo pago por los servicios de tratamiento de aguas residuales brindado por las Municipalidades o las concesionarias."

Artículo 34. AUTORIZACIÓN DE REUSO.

“El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reuso de aguas residuales, cumpliendo los límites máximos permisibles que a cada uno correspondan.

Tipo I: Reuso para riego agrícola en general: debido a que el agua posee nutrientes dispensables para la cosecha, este puede utilizarse para riego extensivo e intensivo; como para mejorar la capacidad de suelo y la fertilización de plantaciones.

Tipo II. Reuso para cultivos comestibles: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos. El agua a utilizar debe cumplir con los muestreos referentes a coliformes fecales, y demanda bioquímica de oxígeno, entre otros.

Tipo III. Reuso para acuacultura: Se puede utilizar para la piscicultura y camaronicultura siempre y cuando cumpla los límites máximos permisibles.

Tipo IV. Reuso para pastos y otros cultivos: Siempre y cuando no sean para consumo humano, se pueden utilizar para pastos, forrajes, fibras, semillas, entre otros; conforme a los límites máximos.

Tipo V. Reuso recreativo: En áreas de recreación donde el ser humano solo puede tener contacto incidentalmente, ya sea en estanques artificiales, áreas verdes, fuentes, entre otros.

“Cualquier otro reuso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.” Además, cada uno de los cinco Tipos deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

Artículo 35. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA REUSO.

Tipo re reuso	**Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro**	**Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros**
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2x10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1x10^3$
Tipo V	200	$< 1x10^3$

Artículo 38. OBLIGATORIEDAD.

“Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final del presente Reglamento.”

Artículo 42. TECNOLOGÍA Y SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.

“Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.”

Artículo 41. DISPOSICIÓN FINAL.

“Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas:

a) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost;
b) Disposición en rellenos sanitarios;
c) Confinamiento o aislamiento; y,
d) Combinación de las antes mencionadas.”

Artículo 42. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LODOS.

“Para poder efectuar la disposición final de lodos de acuerdo a las formas descritas en el artículo 41 del presente Reglamento, los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:”

Disposición Final	**Dimensionales**	**Aplicación al suelo**	**Disposición en rellenos sanitarios**	**Confinamiento o aislamiento**
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

“Los expresados en el cuadro anterior son los límites máximos permisibles para suelos con potencial de hidrógeno menor que siete unidades. En los suelos que posean potencial de hidrógeno mayor o igual a siete unidades se podrán disponer lodos hasta un cincuenta por ciento más de los valores presentados como límites máximos permisibles.

Artículo 43. APLICACIÒN AL SUELO.

“Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 42, podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.”

Artículo 44. DISPOSICIÓN HACIA RELLENOS SANITARIOS.

“Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean bioinfecciosos, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles del artículo 42 del presente Reglamento.

Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.”

Artículo 45. CONFINAMIENTO O AISLAMIENTO.

“Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.”

Artículo 49. DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS.

Para darle seguimiento y llevar control de las aguas residuales y de aguas para reuso, los entes generadores deberán tomar como mínimo, dos muestras al año, efectuando los análisis correspondientes para determinar los parámetros contenidos en artículo anteriores.

Por otro lado, si es evaluación de lodos, los entes generadores deberán tomar como mínimo, dos muestras al año, efectuando los análisis correspondientes para determinar los parámetros contenidos en artículo anteriores. En relación a entidades contratadas para el manejo y disposición final de lodos, estos deberán realizar muestras de acuerdo al siguiente cuadro:

Peso promedio de lodos producidos	**Periocidad**
Entre 0 y 1500 kilogramos diarios	Trimestral
Entre1501 y 3000 kilogramos diarios	Bimestral
Más de 3000 kilogramos diarios	Mensual

Es necesario que los entes generadores posean un registro de los resultados de los análisis y conservarlos durante un plazo de cinco años posteriores a su realización, para su presentación al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales por razones de evaluación.

“El número de muestras simples requeridas para conformar una muestra, se indica en el cuadro siguiente:

Número de muestras simples para conformar una muestra compuesta e intervalos por muestreo		
Horas por día que opera la actividad que genera la descarga de aguas residuales	**Número mínimo de muestras simples para conformar una muesta compuesta**	**Intervalo mínimo en horas entre toma de muestras simples**
Menor que 8	2	2
de 8 a 12	3	3
Mayor que 12	4	3

Artículo 50. MEDICIÓN DE CAUDAL.

“En la forma de cada muestra simple se hará una medición de caudal, para poder relacionarla con la concentración y así determinar la carga.”

Artículo 54. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO.

“Para los efectos de lo previsto en el presente Reglamento, los laboratorios estatales, universitarios, privados legalmente constituidos, o los laboratorios establecidos por los entes generadores, emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas; o en su defecto por entidades como”:

a) Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Obras de Agua y Federación de Ambientes Acuáticos en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales;
b) Organizaciones técnicas reconocidas en el ámbito nacional e internacional, y
c) Especificaciones del fabricante de los equipos que se utilicen.

“Los informes de los resultados de los análisis de laboratorio, deberán ser firmados por profesional colegiado activo especializado en la materia.”

Artículo 55. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

“Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.”

Artículo 56. PROHIBICIÓN DE DESCARGA DIRECTA.

“Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.”

Artículo 57. PROHIBICION DE DILUIR.

“Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales. Ninguna meta contemplada en el presente Reglamento se puede alcanzar diluyendo.”

Artículo 58. PROHIBICIÓN DE REUSOS.

“Se prohíbe el reuso de aguas residuales en los siguientes casos:

a) En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre;
b) En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas;
c) En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana;

d) Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V, indicado en el artículo 34.”

Artículo 59. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE LODOS.

“Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos.”

“Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.”

b. Acuerdo Gubernativo No. 129-2015

Acuerda lo siguiente:

Reforma al Acuerdo Gubernativo número 236-2006 de fecha cinco de mayo del año dos mil seis, Reglamento de las descargas y resuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.

“Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario más tardar el dos (2) de mayo del año dos mil diecisiete (2017)”.

			Fecha máxima de cumplimiento			
			02-05-2017	02-05-2020	02-05-2024	02-05-2029
			Etapa			
Parámetros	**Dimensionales**	**Valores iniciales**	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milimetros	$< 1x10^8$	$< 1x10^7$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Niquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

c. Acuerdo Gubernativo No. 138-2017

Acuerda lo siguiente:

Reforma al Acuerdo Gubernativo número 236-2006 de fecha cinco de mayo del año dos mil seis, Reglamento de las descargas y resuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.

"Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario más tardar el dos (2) de mayo del año dos mil diecinueve (2019)".

			Fecha máxima de cumplimiento			
			02-05-2019	**02-05-2023**	**02-05-2027**	**02-05-20231**
			Etapa			
Parámetros	**Dimensionales**	**Valores iniciales**	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien milimetros	$< 1x10^8$	$< 1x10^7$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Niquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

5. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en Antigua Guatemala

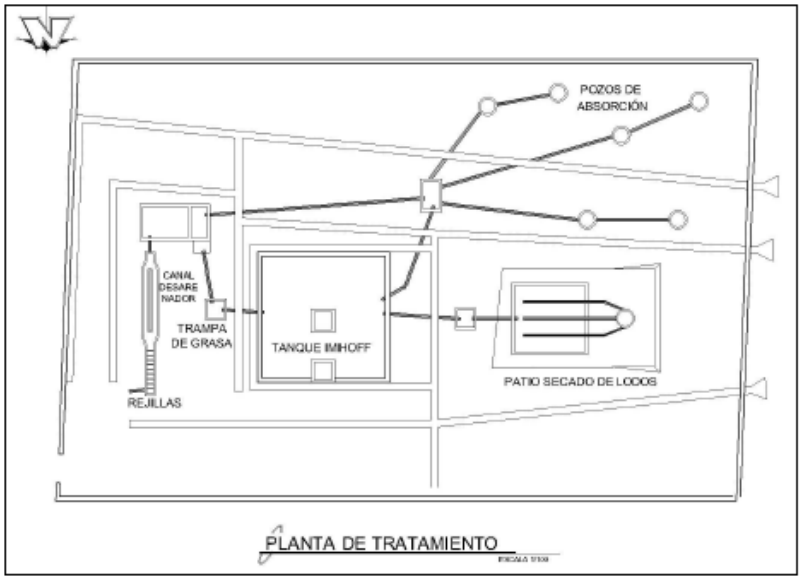
a. San Mateo 1. La planta de tratamiento de San Mateo inició operación en el año 2011. Los beneficiarios directos de la planta son alrededor de 2088 habitantes de la aldea y la vida útil diseñada del proyecto es de 20 años (Oseida, 2014). A continuación, se detallan las características de la planta y planos constructivos.

Cuadro 20. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Mateo 1

Ubicación	Aldea San Mateo 1, La Antigua Guatemala, Sacatepéquez
Estado Actual	En operación
Tipo sistema de tratamiento	Anaeróbico
Fecha de inicio de operación	2011
Distancia del centro de la población	1 km
Detalle de los componentes de la PTAR	1) Rejillas; 2) Canal desarenador; 3) Trampa de grasa; 4) Tanque Imhoff; 5) Pozos de absorción; 6) Patio de secado de lodos.
Instrumento de evaluación ambiental aprobado	Si tiene instrumento de evaluación ambiental aprobado.
Lugar de descarga	Pozos de absorción.
Frecuencia de control y monitoreo	Sin información, no se tiene hoja de rutina de control del sistema de tratamiento con base en los elementos que componen el sistema de tratamiento.
ETAR	No tiene.

Fuente: (Oseida, 2014)

Figura 50. Planta de conjunto PTAR, Aldea San Mateo 1



Fuente: (Oseida, 2014)

b. San Mateo 2. La planta está ubicada en la Aldea San Mateo 2, pero no se encuentra en funcionamiento debido a su abandono, además todas las piezas mecánicas fueron robadas (Oseida, 2014). A continuación, se detallan las características de la planta.

Cuadro 21. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Mateo 2

Ubicación	Aldea San Mateo 2, La Antigua Guatemala, Sacatepéquez
Estado Actual	No opera.
Tipo sistema de tratamiento	Anaeróbico
Fecha de inicio de operación	2006
Distancia del centro de la población	1 km
Detalle de los componentes de la PTAR	Sin información.
Instrumento de evaluación ambiental aprobado	No tiene instrumento de evaluación ambiental aprobado.
Lugar de descarga	Río Pensativo
Frecuencia de control y monitoreo	Sin información.
ETAR	No tiene.

Fuente: (Oseida, 2014)

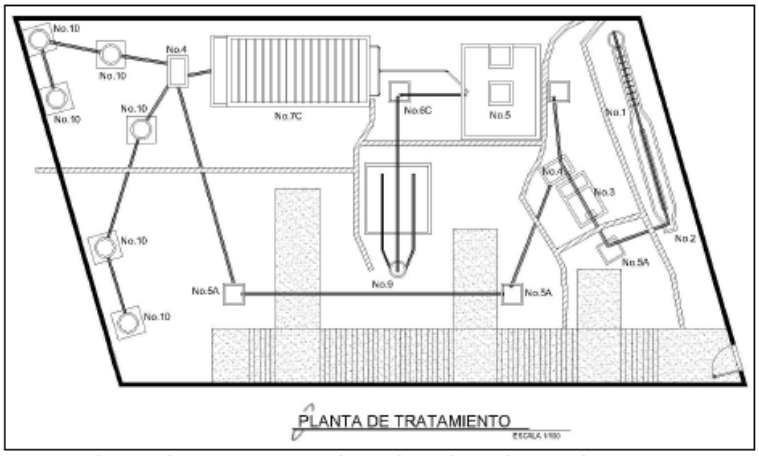
c. San Cristóbal El Alto. Es la planta más reciente de la municipalidad, el proceso de tratamiento consta de sedimentación, remoción de sólidos, digestión anaeróbica y tratamiento biológico anaeróbico secundario. La operación de la misma es manual, y hecha por un solo operador (Oseida, 2014). A continuación, se detallan las características de la planta y planos constructivos.

Cuadro 22. Caracterización de la PTAR de la Aldea San Cristóbal El Alto

Ubicación	Aldea San Cristóbal El Alto, La Antigua Guatemala, Sacatepéquez
Estado Actual	No opera y no ha sido inaugurada.
Tipo sistema de tratamiento	Anaeróbico
Fecha de inicio de operación	2012 (fecha de construcción)
Distancia del centro de la población	6 km
Detalle de los componentes de la PTAR	1) Caja rejilla; 2) Desarenador; 3) Trampa de grasa; 4) Caja unificadora; 5) Tanque Imhoff; 5A) Cajas derivadoras para limpieza del sistema; 6) Caja unificadora; 7) Filtro percolador; 8) Patio de secado de lodos; 9) Pozo de absorción para patio de secado; 10) Pozos de absorción.
Instrumento de evaluación ambiental aprobado	No hay información.
Lugar de descarga	Pozos de absorción.
Frecuencia de control y monitoreo	La planta está pendiente de inauguración.
ETAR	No tiene.

Fuente: (Oseida, 2014)

Figura 51. Planta de conjunto PTAR de la Aldea San Cristóbal El Alto, La Antigua Guatemala



Fuente: (Oseida, 2014)

6. Mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario. El tratamiento de aguas residuales es una herramienta para mitigar la contaminación que se genera al depositarla en cuerpos de agua o en pozos de absorción, pero como todo proyecto se necesita contar con obras de infraestructuras adecuadas y el personal capacitado para la operación y mantenimiento de la misma (Cristales, 2001).

Según la investigación realizada por Manlia Cristales de ocho plantas de tratamiento con datos proporcionados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) del área Metropolitana de San Salvador en 1999, logró observar deficiencias en las mismas, la cuales se observan a continuación.

Cuadro 23. Resumen de puntos críticos identificados en la investigación

Punto Crítico	Observaciones
Infraestructura (no se toman en cuenta los de diseño o construcción)	Deterioro de elementos debidos a falta o inadecuada limpieza, falta de elementos de medición de caudal, válvulas rotas, omisión o deterioro de acabados.
Operativos	Falta o limpieza incompleta de elementos, inexistencia de control de operaciones realizadas, mala disposición final de desechos.
Seguridad	Falta de elementos de seguridad como barandas en elementos altos o escaleras, cerca perimetral, rótulos preventivo e informativos, deterioro de equipo de seguridad, falta de botiquines de primeros auxilios.
Nivel Cognoscitivo	Falta de capacitaciones periódicas, desconocimiento de la importancia del uso de equipo de protección personal, carencia de listado de actividades a realizar, desconocimiento de métodos correctos de disposición de residuos.

Fuente: (Cristales, 2001)

En el cuadro anterior se aprecia algunas deficiencias que se pueden encontrar en las plantas de tratamiento de aguas residuales, cabe resaltar que cada una de las plantas son distintas, en procesos, tamaño, construcción, tiempo de servicio, calidad del agua a tratar, organización, personal y control. Por lo que, el mantenimiento no es más que la conservación o protección de componentes, equipos para mejorar la eficiencia y conservar la vida útil para la cual fue diseñada (Velasco, 2010).

Según Eugenia Velasco, las principales ventajas que genera el mantenimiento son las siguientes:

a) Mejor conservación de los equipos;
b) Aumento de la calidad y de la productividad;
c) Disminución de paralizaciones imprevistas;
d) Disminución de reparaciones; y,
e) Reducción de horas extra.

Para lograr las ventajas anteriores se debe generar un programa de mantenimiento teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Registro de equipos. Este es el primer paso para la elaboración del programa, este consiste en generar un inventario y recopilar información de todos los equipos utilizados en la planta, como su ubicación física. Posteriormente se procede a agruparlos por secciones, codificarlos y clasificarlos de la manera más eficiente y cómoda para el propietario (Cristales, 2001).
b) Descripción de las actividades de mantenimiento. Contiene las actividades de mantenimiento que se deben realizar con cada equipo, máquina o estructura; con la finalidad de eliminar o disminuir problemas que provoquen paralización del funcionamiento de la planta. Las actividades se obtienen de manuales de fabricantes, experiencia de los trabajadores, entre otros (Cristales, 2001).
c) Fichas de trabajo. Para que se cumpla correctamente el programa, se debe elaborar fichas que contemplen las órdenes, materiales y repuestos. Ningún trabajo se podrá iniciar si no se aprueban las fichas por parte del encargado o jefe de turno (Cristales, 2001). Las fichas se deben clasificar según sea el trabajo; por ejemplo: urgente para trabajos indispensables en menos de uno o dos días, normales para trabajos no indispensables que pueden esperar, y así sucesivamente para llevar un control adecuado.
d) Manuales de mantenimiento. Son instrucciones organizadas, que poseen información técnica, procedimientos correctos, cambio de piezas, limpieza, etc. Entregada por proveedores o fabricantes, si no existieran se debe auxiliarse por técnicos expertos (Cristales, 2001). Los manuales que deberá contener, por mencionar algunos, son los siguientes: de tuberías, válvulas, bombas, dosificadores y de cada sistema que posea la planta de tratamiento.

7. Fórmulas para el diseño de los sistemas

Determinación de poblaciones y vida útil

- Cálculo de la población con relación al caudal

$$P = \frac{86400 * Q(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

D = dotación de agua potable

f_r = factor de retorno

86400 = factor de conversión de segundos a días

- Cálculo de vida útil

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)}$$

Donde:

P_{futura} = población futura

P_{actual} = población actual

TCP = tasa de crecimiento poblacional

Diseño de la trampa de grasa

- Almacenamiento mínimo de grasa

$$A_{mg} = \frac{Q\ (lt/min)}{4}$$

Donde:

Q = caudal de diseño en litros por minuto

- Área del tanque mínimo

$$A_m = 0.25m^2 * Q\left(\frac{lt}{s}\right)$$

Donde:

Q = caudal de diseño en litros por segundo

- Volumen de la trampa de grasa

$$V_{tg} = \frac{Q\left(\frac{lt}{min}\right) * TR(min)}{1000}$$

Donde:

Q = caudal de diseño en litros por minuto
TR = tiempo de retención

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

- Longitud del tanque

$$l = \frac{V_{tg\,(m^3)}}{(H * a)(m^2)}$$

Donde:

V_{tg} = Volumen de la trampa de grasa

H = altura del tanque

a = ancho del tanque

Diseño desarenador

- Caudal unitario

$$Q_{unitario} = \frac{Q}{\#tanques}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

#tanques = la cantidad de tanques paralelos para el que se diseña

- Volumen efectivo del desarenador

$$V_{efectivo} = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{min}\right) * TRH\ (min)}{1000}$$

Donde:

$Q_{unitario}$ = caudal de diseño que pasa por cada tanque

TRH = tiempo de retención hidráulico

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

- Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{w(\frac{cm}{s})}{100}$$

Donde:

w = es la velocidad de sedimentación de la tabla de Arkhangelski

100 = factor de conversión de centímetros a metros

- Altura de sedimentación

$$H_s = \frac{V_s\left(\frac{m}{s}\right) * TRH(min)}{60}$$

Donde:

V_s = velocidad de sedimentación

TRH = tiempo de retención hidráulico

60 = factor de conversión de segundos a minutos

- Área superficial del desarenador

$$A_s = \frac{Q_{unitario}\ \left(\frac{lt}{s}\right) * 3600}{1000 * C_s}$$

Donde:

$Q_{unitario}$ = caudal de diseño que pasa por cada tanque

C_s = Carga superficial

3600 = factor de conversión de segundos a horas

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

- Área mojada del desarenador

$$A_{mojada} = \frac{Q_{unitario}\ \left(\frac{lt}{s}\right)}{Ve_h * 1000}$$

Donde:

$Q_{unitario}$ = caudal de diseño que pasa por cada tanque

Ve_h = velocidad horizontal

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

- Ancho del desarenador

$$Ancho = \frac{A_{mojada}(m^2)}{H_t(m)}$$

Donde:

A_{mojada} = área mojada del desarenador

H_t = altura del tanque

- Largo del tanque del desarenador

$$Largo = \frac{Ancho\ (m)}{A_s\ (m^2)}$$

Donde:

A_s = área superficial del desarenador

- Caudal del desarenador

$$Q = \frac{V_{efectivo}\ (m^3)}{TRH\ (min) * 60}$$

Donde:

$V_{efectivo}$ = volumen del tanque
TRH = tiempo de retención hidráulico
60 = factor de conversión de minutos a segundos

Diseño de RAFA

- Carga de DQO en el afluente promedio

$$L_o = S_o\left(\frac{kg}{m^3}\right) * Q\ \left(\frac{m^3}{d}\right)$$

Donde:

S_o = Demanda química de oxígeno

Q = caudal de diseño

- Volumen del reactor

$$V = Q\left(\frac{m^3}{d}\right) * TRH(d)$$

Donde:

Q = caudal de diseño

TRH = tiempo de residencia hidráulica

- Velocidad de flujo ascendente

$$Ve = \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{A(\ m^2\ )}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

A = área del reactor

- Estimación de la eficiencia de la remoción del DQO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * t^{-0.35})$$

Donde:

t = tiempo de residencia hidráulica en horas

- Estimación de la eficiencia de la remoción del DBO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.07 * t^{-0.50})$$

Donde:

t = tiempo de residencia hidráulica en horas

Diseño del filtro percolador

- Cálculo del DBO de salida del tratamiento primario

$$Ssp = S(\frac{kg}{m^3}) * (1 - Rsp)$$

Donde:

S = DBO del efluente

Rsp = remoción del DBO antes del filtro percolador

- Cálculo de la eficiencia del filtro percolador

$$E = \frac{(Ssp - Se)}{Ssp}$$

Donde:

Ssp = DBO de salida del tratamiento primario

Se = DBO del afluente

- Cálculo del factor de recirculación

$$F = \frac{1 - R}{(1 + \frac{R}{10})^2}$$

Donde:

R = cantidad de recirculaciones de caudal

- Cálculo de la carga orgánica

$$CO = Ssp(\frac{kg}{m^3}) * Q(\frac{m^3}{\mathrm{d}})$$

Donde:

Ssp = DBO de salida del tratamiento primario

Q = caudal de diseño

- Cálculo del volumen del filtro percolador

$$V = \left(\frac{CO\ \left(\frac{kgDBO}{d}\right)}{F}\right) * \left(\frac{0.4432 * E}{1 - E}\right)$$

Donde:

CO = carga orgánica

F = factor de recirculación

E = eficiencia del filtro percolador

- Cálculo de la carga orgánica superficial

$$COS = \frac{CO(\frac{kgDBO}{d})}{A(m^2)}$$

Donde:

CO = carga orgánica

A = área del filtro percolador

- Cálculo de la carga orgánica volumétrica

$$COV = \frac{CO(\frac{kgDBO}{d})}{V(m^3)}$$

Donde:

CO = carga orgánica

V = volumen del filtro percolador

- Cálculo de la carga hidráulica superficial

$$CHS = \frac{Q\left(\frac{m^3}{\mathrm{d}}\right) * (1+R)}{A(m^2)}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

A = área del filtro percolador

R = cantidad de recirculaciones de caudal

- Cálculo de la carga hidráulica volumétrica

$$CHV = \frac{Q\left(\frac{m^3}{\mathrm{d}}\right) * (1+R)}{V(m^3)}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

V = volumen del filtro percolador

R = cantidad de recirculaciones de caudal

G. Residuos sólidos

1. Definición

a. **Residuo sólido.** Los residuos sólidos se definen como cualquier material descartable, sólido o semisólido que una vez utilizado carece de valor económico para el actual poseedor, pero sí un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida material. (Alvarado, 2012)

b. **Desecho sólido.** Los desechos sólidos son el material proveniente de una actividad que esté destinada al desuso. No será posible su recirculación productivo o reúso. (Baján Hernández, 2003)

2. Tipos de desechos

a. **Basura orgánica.** Es todo desecho de origen biológico que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y semillas de frutas, huesos y sobras de animales, etc.

b. **Basura inorgánica.** Es todo desecho de origen no biológico, es decir, de origen industrial o algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc. Según el tiempo que tardan sus materiales en degradarse.

c. **Desechos biodegradables.** Se descomponen en forma natural en un tiempo relativamente corto. Es necesario que ocurra este proceso por medio de microorganismos, a través de algún sistema natural aeróbico.

d. **Residuos tóxicos y peligrosos (RTP).** Son los producidos en procesos industriales y que deben ser gestionados de forma especial. Estos residuos también están presentes en casas (lejía, pinturas, aerosoles, disolventes, pilas…). Se considera RTP tanto la sustancia como el recipiente que lo contiene. (Say Chamán, 2016)

3. Generación de residuos y desechos sólidos domiciliares en Guatemala.

De acuerdo con el Perfil Ambiental 2006, en el país diariamente se generan desechos sólidos por un volumen entre 6,000 a 7,000 toneladas, de las cuales, el 54% se producen en las zonas urbanas y el restante 46% en las zonas rurales.

Estudios determinan que en el área rural únicamente se disponen anualmente 36,738.69 toneladas recolectadas, lo que equivale al 5.2% de lo generado en todo el año por parte de este gremio.

El volumen respectivo en las zonas urbanas, recolectado en los botaderos municipales, se multiplica casi por 14 (con relación al área rural), siendo de 500,874.49 toneladas, lo que representa casi el 60% de lo generado en las urbes.

La generación de residuos y desechos sólidos domiciliares en centros urbanos sitúa a los departamentos de Guatemala (47.36%), Quetzaltenango (6.43%) y Escuintla (4.80%) como los más contribuyentes.

En el ámbito rural, la generación de desechos es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala, entre ellos generan más del 36% del total producido en el área rural.

El volumen total de los desechos que no es recolectado es de aproximadamente 11,010,638 toneladas anuales, siendo tal cantidad dispuesta en botaderos ilegales, quemada o enterrada. Esta cantidad representa el 65% de los desechos domiciliares generados en el país.

(National Reports, 2011)

4. Tipos de desechos generados en Guatemala

a. Desechos industriales (Recuperación, acopio y reciclaje).

Actualmente, no existe en el país la infraestructura necesaria para un manejo adecuado de los residuos generados, tanto a nivel industrial como domiciliar. La recolección separada y la recuperación de los residuos con potencial de reciclaje son esfuerzos que aún parecen aislados y se practican solamente cuando la remuneración económica es evidente, pues falta el componente de la legislación y una mayor conciencia ambiental para lograr que una mayor cantidad de residuos entre dentro del círculo de la recuperación y el aprovechamiento.

Algunos residuos acopiados por estas empresas, como papel, cartón, PET, chatarra ferrosa y no ferrosa, vidrio, plásticos y baterías húmedas, ya cuentan con una estructura bien establecida que apoya su disposición adecuada y se tienen precios de mercado bien definidos, por lo que las cantidades de residuos que se están recuperando en algunos casos son significativas, aunque todavía hace falta mucho camino por recorrer para alcanzar los porcentajes de recuperación ideales para Guatemala.

En Guatemala se tienen estimaciones del porcentaje de recuperación de residuos sólo para el área metropolitana y se carece de estimaciones a nivel nacional y a nivel de cabeceras departamentales y municipales. Adicionalmente a esto se sabe que el mayor porcentaje de recuperación es de papel y cartón, pero se carece de datos para este tipo de desecho.

Para el área metropolitana se estima que hay un 20% de recuperación de los volúmenes generados de madera, plásticos, vidrio y metales y un 50% de recuperación de textiles. En Guatemala se encuentran algunas empresas a nivel privado que le brindan tratamiento y disposición final a desechos peligrosos, como los acumuladores, aceites y lubricantes, solventes, pilas y baterías domésticas, plaguicidas, equipo de cómputo y neumáticos.

(MSPAS, 2009)

b. Desechos hospitalarios. Los desechos hospitalarios son considerados potencialmente peligroso por la contaminación biológica (microorganismos patógenos) y por las sustancias químicas (drogas, sustancias carcinogénicas, teratogénicas y materiales radiactivos) que contienen.

El Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001, define estos desechos como aquellos "producidos durante el desarrollo de las actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación".

1) Tratamiento. En el área metropolitana se encuentra la primera Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos Hospitalarios a nivel nacional, donde presta servicio de supervisión, monitoreo, evaluación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final a 45 servicios en forma gratuita; se recolecta un promedio diario de 20,000 libras de desecho, cubriendo el 40% de la producción total nacional de desecho. Se han beneficiado a 41, 802,296 habitantes que recibieron servicios en salud.

(MSPAS, 2009)

c. Desechos radiactivos. El Centro Nacional de Desechos Radiactivos, (CENDRA), de la Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas, funciona desde 1996 y es reconocido a nivel internacional por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para realizar la gestión de todos los desechos radiactivos generados en el país por las actividades médicas, industriales y de investigación.

El CENDRA surgió de las necesidades siguientes:

- Centralizar los desechos radiactivos
- Almacenar fuentes radiactivas en desuso o "abandonadas"
- Proteger al público de las radiaciones ionizantes por accidentes involuntarios o provocados
- Evitar el terrorismo nuclear (bombas sucias)

d. Desechos de minería. Las mineras son conocidas por el gran aporte económico que inyectan al país. Pero es importante entender que no es posible aprovechar el 100% del material extraído. Muchos minerales manipulados se convierten en desecho y su composición, metales pesados, se infiltra en el sub suelo alcanzando cuerpos de agua. Este proceso se conoce como drenaje ácido de las minas.

(CODELCO, 2012)

En Guatemala una de las Mineras más grandes y populares es la Mina Marlín, de la cual se exponen información con el motivo de ejemplificar la situación en el país.

MINA MARLÍN

1) Desechos sólidos. Según el Estudio de Impacto Ambiental y Social del proyecto Minero MARLIN, la planta de procesamiento del proyecto está diseñada para procesar 1.45 millones de toneladas de mineral al año, e incluye sistemas de quebrado, molienda, lixiviación en tanques y recuperación de metales preciosos. Los criterios de diseño para el proceso de lixiviación en tanques se resumen en los siguientes:

- Procesamiento anual aproximado será de 11,450,000 ton/año
- El porcentaje de lixiviación será del 48%
- Los sólidos sedimentables que se depositarán en la presa será de 696,000 ton/año.
- Tomando en cuenta que el periodo de operación a la fecha es de 4 años (2006 – 2009), los sólidos sediméntales que se encuentran en la presa de colas actualmente es de 21,784,000 toneladas aproximadamente.

2) Roca estéril o escombros. La escombrera albergará 38,000,000 de toneladas. Se asume que la escombrera se llenará en 11 años, tiempo que durará el proceso industrial.

(National Reports, 2011)

5. Residuos sólidos en Guatemala

a. Efectos de la basura sobre la salud

1) Efectos directos. Los residuos y desechos, al no ser tratados, producen condiciones inadecuadas para la vida al degradar el ambiente, aumentando la cantidad de agentes patógenos. Estos microorganismos causan enfermedades como la presencia de materias tóxicas y generan gases que ocasionan daños a la piel, las vías respiratorias, irritación en los ojos y alergias, aparte de los efectos repulsivos a la vista y al olfato.

2) Efectos indirectos. Los desechos o basura desordenados resultan un buen hábitat para plagas, al brindarles fuentes estables de alimento y condiciones de vida a ratas, mosquitos, cucarachas, moscas y otras alimañas que transmiten al ser humano enfermedades tales como: peste bubónica, tifus, rabia, disentería, enfermedades del tracto digestivo, fiebre amarilla, dengue, encefalitis, tuberculosis, leptospirosis y otras.

b. Legislación y agencias gubernamentales.

En Guatemala existen organizaciones que cumplen con un tratamiento relativamente adecuado para el manejo de residuos y desechos sólidos. Planta del IRTRA en Retalhuleu y el vertedero Sanitario del kilómetro 22.5 en Villa Nueva, son ejemplos de estos tratamientos que se rigen bajo reglamentos y normativas propias.

Esto es un ejemplo para las demás organizaciones cuyo tratamiento carece de control y regulaciones. Ya que en Guatemala es posible crear un sistema de tratamiento de residuos funcional siempre regido por una normativa avalada por organizaciones respaldadas por la ley.

(National Reports, 2011)

1) Problemática. El acelerado crecimiento poblacional, la urbanización y los patrones de producción y consumo de la sociedad guatemalteca, han ocasionado como resultado un incremento en la generación de residuos y desechos sólidos y una particular composición de los mismos. Si bien parece ser un problema urgente de resolver y que preocupa a la mayoría de los sectores (autoridades municipales, gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, ONGs), las acciones por abordar la problemática de manera integral, responsable y eficiente son escasas a nivel nacional; un ejemplo de ello es la existencia de apenas 10 sistemas de manejo de residuos y desechos sólidos al 2009, las cuales no operan en su totalidad.

Los datos más recientes evidencian, no obstante, importantes mejoras en lo concerniente a la cobertura de recolección de residuos y desechos, particularmente en el área urbana. La recolección de los residuos y desechos sólidos se dificulta en el área rural por la alta dispersión de los poblados y comunidades y los hábitos culturales de quemar y enterrar los mismos. Sin embargo, esta es únicamente una de las etapas del manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.

No existe ninguna experiencia, a nivel municipal, de una clasificación eficiente y sistematizada de los desechos, mientras los porcentajes de reciclaje y reutilización de residuos a nivel nacional son muy bajos aún.

Por otro lado, existe desinformación e incertidumbre acerca de la generación y disposición final de los desechos y residuos sólidos, a la vez que proliferan por todo el país una cantidad alarmante de botaderos ilegales. Los sitios de disposición final utilizados por los municipios no reúnen los requisitos mínimos, distancia al poblado más cercano, recubrimientos para proteger el suelo, tratamiento e infraestructura de tecnología avanzada o apropiada.

En este sentido, se hace necesario que los gobiernos asuman acciones que permitan un manejo eficiente de los residuos y desechos a todo nivel, a la vez que se promueva una cultura que permita una mayor eficiencia en la utilización de las materias primas en los procesos industriales. Las experiencias de la utilización de los propios residuos por parte de algunos sectores productivos del país permiten argumentar que es viable un mejor manejo y utilización de los mismos.

(National Reports, 2011)

2) Legislación y Normativas. En agosto de 2004, el Acuerdo Gubernativo 234-2004 crea la Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos (CONADES), como la comisión encargada de coordinar y ejecutar las acciones técnicas y legales adecuadas en el manejo de desechos sólidos del país, derogando la antigua entidad CONADESCO.

La CONADES es, por lo tanto, el órgano consultor y asesor en la formulación y dirección de las políticas nacionales de los desechos sólidos. Uno de los grandes avances en lo que respecta al tema de los desechos sólidos es la aprobación, en abril del 2005, de la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, a través del Acuerdo Gubernativo 111-2005.

Dicha política, concebida con una visión de 10 años, establece una serie de acciones y programas que buscan alcanzar el eficiente manejo de los desechos sólidos en el país, y busca tener un impacto positivo en los ámbitos político-institucional, social, económico, ambiental y salud.

Por otra parte, el Reglamento de Desechos Sólidos Hospitalarios, aprobado mediante el Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, ha establecido ciertas medidas para motivar un manejo eficiente de los residuos hospitalarios en las distintas etapas del proceso, recolección, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final, con mayores o menores progresos en la eficiencia en los distintos hospitales y centros de salud, esencialmente en el área metropolitana.

En el interior del país, el Reglamento no ha sido aplicado. En lo que respecta a las municipalidades que cuentan con un reglamento para manejo de desechos sólidos, en el 2000 el dato ascendía a 12. Para el 2004, CONADES considera que el número oscila alrededor de 20; sin embargo, esta entidad considera que no más de tres municipalidades lo aplican.

En este contexto, una de las grandes deficiencias en el tema de manejo de desechos sólidos es la falta de una ley marco que norme y establezca la obligatoriedad de contar con un reglamento para el manejo de los mismos, lo que favorece que, en muchos casos, ante la ausencia de legislación que lo obligue, los alcaldes no asuman acciones en este tema.

(National Reports, 2011)

En 2015 vence el acuerdo gubernativo 234-2004 y entró en vigor el acuerdo gubernamental 302-2015. Este acuerdo se refiere a una actualización del acuerdo 234-2004 y presenta al departamento para el manejo de los residuos y los desechos sólidos. Detallan un manual administrativo donde se indica el organigrama del departamento, así como las descripciones de los puestos. Este documento carece de índices representativos para el manejo de desechos sólidos, buenas prácticas, manual de operaciones, reglamentos nacionales o requisitos mínimos necesarios para cumplir con ministerios de salud y ambiente.

(Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015)

3) Registro de desechos en Guatemala. A continuación, se presentan una serie de tablas donde se exponen sistemas para el control de desechos sólidos en Guatemala, en distintos departamentos/municipios del país.

Cuadro 24. Gestión y manejo integral de desechos sólidos

No.	Departamento	Municipios beneficiados	Sistema	Estado actual
1	Chimaltenango	San Martin, Jilotepeque.	Incinerador	
2	El Petén	MAMMUNISURP. Poptún, dotores y San Luis.	Mancomunidad: Mammunisurp Relleno Sanitario	
		San Benito, Santa Elena y Flores.	Relleno Sanitario	Abandonado
3	Escuintla	MANCOSUR. La Democracia, Santa Lucía, Siquinalá y la Gomera.	Planta de tratamiento	
		Puerto de San José, Iztapa, Managua y Champerico.	Relleno Sanitario	
4	Las Verapaces	Santa Cruz, San Cristóbal Verapaz, Tactic, Tamahú y Purulhá.	Relleno Sanitario	
		Rabinal.	Relleno Sanitario	
5	Sololá	San Juan La Laguna y Santiago Atitlán.	Costrucción de Sistemas de Tratamiento	En proyecto
		MANKATITLAN. Panajachel, San Andrés Se,etabaj, Santa Catarina y San Antonio Palopó.	Relleno Sanitario	En proyecto
		Sololá, Santa Lucía Utatlán y San José Chacayá.	Mancomunidad: Manctozolojyá "Relleno Sanitario"	En proyecto
		San Pedro la Laguna.		
6	Sacatepéquez	San Antonio Aguas Calientes.	Sistema de Manejo de Desechos	Operando parcialmente

Fuente: National Reports

En las siguientes tablas se observa la generación de desechos sólidos (toneladas) según departamentos del país. La capital de Guatemala se encuentra en la primera posición con una considerable diferencia sobre los demás.

Cuadro 25. Generación de desechos sólidos domiciliares en ton/m. 2002

Departamento	ZONAS URBANAS			ZONAS RURALES			Total Generado
	Población	Generación		Población	Generación		
		t/día	t/año		t/día	t/año	%
Guatemala	2,186,669.00	1,091.77	398,494.98	354,912.00	158.87	57,988.80	29%
Queztaltenango	344,858.00	148.33	54,140.95	279,858.00	85.95	31,372.28	6%
Escuíntla	256,972.00	110.61	40,372.92	281,774.00	100.51	36,684.59	5%
Chimaltenango	217,922.00	90.83	33,152.71	228,211.00	75.94	27,717.59	4%
Sacatepéquez	208,876.00	98.27	35,869.46	39,143.00	17.04	6,218.50	3%
Huehuetenango	192,099.00	71.98	26,272.27	654,445.00	193.03	70,454.61	6%
San Marcos	173,332.00	61.65	22,501.16	621,619.00	171.61	62,639.38	6%
Suchitepéquez	165,871.00	68.16	24,877.33	238,074.00	76.75	28,013.92	3%
Alta Verapaz	163,012.00	59.47	21,706.32	613,234.00	174.37	63,646.33	6%
El Quiché	161,591.00	52.00	18,978.90	493,919.00	127.12	46,398.81	4%
Sololá	150,134.00	50.31	18,362.94	157,527.00	41.52	15,154.82	2%
Totonicapan	121,617.00	36.49	13,317.06	217,637.00	54.41	19,859.38	2%
El Petén	110,399.00	50.42	18,404.76	256,336.00	90.64	33,081.92	3%
Jutiapa	105,648.00	45.29	16,529.82	283,437.00	102.20	37,034.45	3%
Santa Rosa	105,061.00	44.31	16,172.48	196,309.00	70.20	25,621.38	3%
Izabal	90,508.00	40.44	14,759.79	223,798.00	79.83	29,139.13	3%
Retalhuleu	87,749.00	41.39	15,106.96	153,662.00	57.33	20,925.41	2%
Chiquimula	78,631.00	30.30	11,058.58	223,854.00	68.99	25,181.78	2%
Zacapa	77,935.00	37.02	13,511.01	122,232.00	49.62	18,111.03	2%
Jalapa	76,689.00	28.77	10,502.24	166,237.00	52.85	19,291.89	2%
Baja Verapaz	58,962.00	25.12	9,169.80	156,953.00	55.08	20,104.23	2%
El Progreso	50,300.00	22.25	8,119.93	89,190.00	32.76	11,958.08	1%
Total	**5,184,835.00**	**2,305.18**	**841,382.37**	**6,052,361.00**	**1,936.62**	**706,598.31**	**100%**

Fuente: National Reports

Cuadro 26. Cobertura de servicio de desechos y destino final de los mismos por departamento

(toneladas métricas) 2002

Departamento	ZONAS URBANAS			ZONAS RURALES			Total Generado	
	Cobertura Recolección	Destino (t/año)		Cobertura Recolección	Destino (t/año)		Destino (t/año)	
	(%)	Botaderos Municipales	Otros*	(%)	Botaderos Municipales	Otros*	t/año	(%)
Guatemala	81.30	323,976.42	74,518.56	29.20	16,932.73	41,056.07	340,909.15	63%
Queztaltenango	62.30	6,889.50	4,169.09	2.00	503.64	24,678.14	7,393.14	1%
Escuíntla	52.10	18,687.99	17,181.47	25.00	1,554.63	4,663.88	20,242.62	4%
Chimaltenango	48.30	6,525.82	6,985.19	4.30	778.77	17,332.26	7,304.59	1%
Sacatepéquez	47.90	25,933.52	28,207.44	2.90	909.80	30,462.48	26,843.32	5%
Huehuetenango	46.60	18,813.78	21,559.14	7.20	2,641.29	34,043.30	21,445.07	4%
San Marcos	45.70	11,368.94	13,508.39	4.40	1,232.61	26,781.30	12,601.55	2%
Suchitepéquez	44.50	6,722.60	8,384.36	2.10	439.43	20,485.98	7,162.03	1%
Alta Verapaz	42.30	14,023.60	19,129.11	4.00	1,108.70	26,608.89	15,132.30	3%
El Quiché	39.80	5,874.40	8,885.39	12.90	3,758.95	25,380.18	9,633.35	2%
Sololá	39.70	6,562.34	9,967.48	1.20	447.65	36,856.79	7,009.99	1%
Tootonicapán	39.30	7,216.63	11,146.30	2.90	439.49	14,715.33	7,656.12	1%
El Petén	37.40	6,048.51	10,123.97	1.70	435.56	25,185.82	6,484.07	1%
Jutiapa	35.60	3,738.80	6,763.45	1.00	192.92	19,098.97	3,931.72	1%
Santa Rosa	35.30	7,662.33	14,043.99	1.10	700.11	62,946.22	8,362.44	2%
Izabal	33.30	2,703.94	5,415.99	6.30	753.36	11,204.72	3,457.30	1%
Retalhuleu	32.50	8,538.49	17,733.78	1.60	1,127.27	69,327.34	9,665.76	2%
Chiquimula	31.80	7,155.37	15,345.79	1.90	1,190.15	61,449.24	8,345.52	2%
Zacapa	30.20	2,769.28	6,400.52	1.00	201.04	19,903.19	2,970.32	1%
Jalapa	21.10	4,004.55	14,974.35	1.10	510.39	45,888.43	4,514.94	1%
Baja Verapaz	20.90	3,846.60	14,558.17	1.40	463.15	32,618.77	4,309.75	1%
El Progreso	13.60	1,811.12	11,505.94	2.10	417.05	19,442.33	2,228.17	0%
Total	**59.50**	**500,874.53**	**340,507.87**	**5.20**	**36,738.69**	**670,129.63**	**537,603.22**	**100%**

*Otras formas de disposición final de los desechos: botaderos clandestinos, quemas y entrenamiento de desechos.

Fuente: National Reports

Existen establecimientos que operan sin ningún permiso para el tratamiento de desechos sólidos, esto crea una contaminación mayor ya que no hay ningún presupuesto para que estos cumplan con reglamentos y normas admisibles establecidos. A continuación, se presentan establecimientos autorizados y no autorizados en distintos departamentos del país.

Cuadro 27. Identificación de botaderos y disposición final de los desechos

Departamento	Origen			Agua		Total
	Municipal	Ilegal	Insignificante	Sobre vertiente	Sobre Río o	Basureros
Guatemala	1.00	29.00				30.00
El Progreso	6.00	15.00	14.00	7.00	0.00	21.00
Sacatepéquez	15.00	89.00	50.00	47.00	7.00	104.00
Chimaltenango	7.00	96.00	73.00	20.00	10.00	103.00
Escuintla	13.00	8.00	21.00	0.00	0.00	21.00
Santa Rosa	0.00	59.00	59.00	0.00	0.00	59.00
Sololá	10.00	19.00	13.00	9.00	7.00	29.00
Totonicapán	6.00	43.00	0.00	41.00	8.00	49.00
Queztaltenango	6.00	33.00	16.00	18.00	5.00	39.00
El Quiché	17.00	44.00	26.00	11.00	24.00	61.00
Sololá	5.00	46.00	32.00	6.00	15.00	51.00
Tootonicapán	28.00	33.00	35.00	4.00	22.00	61.00
El Petén	36.00	94.00	95.00	20.00	15.00	130.00
Jutiapa	18.00	119.00	50.00	26.00	61.00	137.00
Santa Rosa	5.00	7.00	6.00	5.00	1.00	12.00
Izabal	3.00	34.00	30.00	7.00	0.00	37.00
Retalhuleu	1.00	21.00	21.00	0.00	1.00	22.00
Chiquimula	0.00	16.00	16.00	0.00	0.00	16.00
Zacapa	10.00	81.00	74.00	2.00	15.00	91.00
Jalapa	1.00	70.00	56.00	1.00	14.00	71.00
Baja Verapaz	2.00	29.00	22.00	6.00	3.00	31.00
El Progreso	0.00	26.00	10.00	6.00	10.00	26.00
Total	**190.00**	**1,011.00**	**719.00**	**236.00**	**218.00**	**1,201.00**

Fuente: National Reports

6. Manejo de desechos sólidos. El manejo de desechos sólidos comprende los siguientes procesos:

- Almacenamiento: Es importante contar con un establecimiento normado y bajo condiciones necesarias para soportar la concentración de una gran cantidad de desechos. Estudios de impacto ambiental deben de ser elaborados para determinar la viabilidad de las soluciones.
- Presentación: El establecimiento debe contar con procesos de higiene para los trabajadores del lugar. Debe de ser formal y profesional.

- Recolección: existen botaderos clandestinos y autorizados para que sean recolectados antes de ser transportados.
- Transporte: existen vehículos autorizados para transportar desechos a los botaderos permitidos.
- Tratamiento: los rellenos sanitarios son soluciones factibles para el control de desechos, siempre y cuando el diseño del establecimiento sea el correcto.
- Disposición sanitaria: Establecimientos autorizados para la concentración de desechos sólidos.
- Barrido y limpieza de vías y áreas públicas: rutas adecuadas para abarcar la mayor cantidad de área pública
- Transferencia: proceso específico para el tratamiento de desechos sólidos.
- Recuperación: materiales rehusados que llevan ciertos procesos para que continúen siendo útiles.

(Departamento de control ambiental, 1994)

Desde la perspectiva sanitaria existen dos modalidades de clasificación de basura:

- Servicio ordinario
- Servicio especial

a. Servicio ordinario. Se refiere a la basura domiciliar, administrativo, comerciales e industriales similares a los domésticos, barrido de calles, desechos de jardín, que por su peso y tamaño pueden ser manipuladas específicamente.

La disposición sanitaria correspondiente a este servicio puede realizarse de acuerdo con las siguientes técnicas (reguladas por el ministerio de salud y normas determinadas)

- Relleno sanitario
- Enterramiento

El sitio que se disponga para la recolección de basura debe contar con las siguientes características:

- Aislado a sus alrededores de lugares públicos. Esto para evitar efectos nocivos para la salud de personas y ambiente. Es incomodo vivir muy cerca de un tratamiento de residuos sólidos.
- Correcta señalización, prohibiciones, ingreso y salida.
- Energía eléctrica, agua, drenajes, conexión telefónica, etc.
- Programa de control de accidentes. Es necesaria la preparación previa de accidentes que puedan ocurrir.

- Condiciones sanitarias correctas, evitar la propagación de pestes y vectores. Entiéndase animales como roedores e insectos que transmiten enfermedades de distintos orígenes.
- Compactación de basura. Ocupar la menor cantidad de volumen posible.
- Controlar, captar y tratar los líquidos percolados (lixiviados) que se originan del escurrimiento por la descomposición de basura. Puede alcanzar cuerpos de agua.
- Registro diario de origen, peso, volumen y cantidad de basura.

1) Relleno sanitario. Se refiere a la técnica por la cual se depositan diariamente desechos sólidos, estos se esparcen, tienden y compactan empleando maquinaria. El objetivo principal es prevenir daños a la salud de las personas y el medio ambiente, esencialmente la contaminación de cuerpos de agua, de suelos y atmosfera.

Si se decide por la técnica de relleno sanitario, se debe presentar al ministerio de salud los siguientes requisitos (para su aceptación):

- Planos y detalles de estructuras aledañas. Información legible para el entendimiento de toda persona que los lea.
- Planos y detalles de estructuras de lo que será el relleno sanitario. Especificaciones técnicas y generales deberán ser detallas.
- Edificaciones por construir. Detallamiento de funciones para cada edificación.
- Niveles intermedios y finales del relleno sanitario.
- Planes de control de líquidos y gases. Proceso controlado para la liberación de toxinas y líquidos peligrosos.
- Obras auxiliares y paisajismo.
- Operación de relleno sanitario.
- Inversiones y costos. Programa de desembolso para la vida útil del relleno sanitario.
- Implementación del relleno sanitario. Ejecutar dicho proyecto.

Los rellenos se clasifican como:

- Relleno sanitario manual.
- Relleno sanitario mecanizado.

(Lara, 2003)

a) Relleno sanitario manual. Es aquel que tiene capacidad para un máximo de 20 toneladas de desechos diarios. El sistema de excavación es manual. Es necesario mano de obra experimentada para la correcta construcción del mismo.

b) Relleno sanitario mecanizado. Tiene un mínimo de capacidad de 40 toneladas diarias. Se utiliza maquinaria pesada para la excavación y compactación de basura.

c) Requisitos importantes para la ubicación de un relleno sanitario

- No debe estar cerca de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable. Aunque los lixiviados serán tratados según especificaciones, es necesario cumplir con este requisito por seguridad.
- Suelo de características impermeables. Nivel de agua subterránea que garantice que no habrá ningún tipo de comunicación con escurrimiento de lixiviados.
- Abastecimiento suficiente de material de relleno. Suelo para la conformación de plataformas.
- No debe ser zona de inundaciones o pantano. Esto para garantizar la estabilidad de las plataformas y evitar riesgos de colapsos.
- Debe estar ubicado en sitios de acceso fácil. Transitable en cualquier época del año. El botadero será funcional durante todo el ciclo anual.
- Ubicados a distancia de fallas geológicas. Aunque los sismos deben ser considerados en el diseño, se prefiere que se cumpla este requisito.

d) Permisos y licencias

- De ubicación.
- De construcción.
- De funcionamiento.
- Ambientales.

e) Estudios

- Hidrológicos.
- Geológico.
- Impacto ambiental.

(Berganza, 1987)

f) Requisitos técnicos

- Garantía de estabilidad del suelo y del relleno contra deslizamientos. Esto debe ser funcional aún en época lluviosa.
- Vías internas de acceso libres durante todo el año. El relleno debe estar habilitado durante todo el ciclo anual.
- Muro perimetral (cercado) en todo el perímetro del proyecto. Es necesario delimitar el área de trabajo además de ser amigable a la vista de los ciudadanos.
- Preparación del terreno con base impermeable, con pendientes hacia drenajes. Es necesaria la recolección de lixiviados por medio de un sistema de drenaje correctamente diseñado para ser funcional en todo momento. Además, debe ser capaz de ser monitoreado y recibir mantenimiento.
- Canales para aguas pluviales. La lluvia puede ocasionar deslizamientos si no es controlada.
- Drenajes internos, geomembranas impermeables para conducir lixiviados. Es necesaria la recolección de lixiviados por medio de un sistema de drenaje correctamente diseñado para ser funcional en todo momento. Además, debe ser capaz de ser monitoreado y recibir mantenimiento.
- Chimeneas para gases y humos. El gas liberado debe ser estudiado para garantizar la menor contaminación del ambiente.
- Infraestructura básica. Diseño de estructuras.
- Personal suficiente con capacitación adecuado. Supervisión profesional.
- Relleno con material inerte de un espesor mínimo de 0.15 metros. Correctamente compactado según especificaciones.
- Relleno final con capa vegetal mínima de 0.20 metros para evitar infiltración de aguas pluviales. Correctamente compactado según especificaciones.
- Diseño de diferentes fases y plataformas. Calendario de actividades y cronograma de avances.
- Configuración final de proyecto, paisajista. Correcta finalización del proyecto para que este sea nuevamente ecológico.
- Después de llegar a su vida útil, no puede existir ningún tipo de construcción en un plazo mínimo de 25 años.

(Jaramillo, 1997)

2) Requisitos generales

Rellenos sanitarios manuales

- Vida útil superior a 5 años.
- Equipo mínimo de captación y movimiento (palas, picos, pisones de mano, rastrillos, carretillas, compactadores manuales, etc.)
- Disposición de desechos en capas de 0.20 a 0.30 metros.
- Rellenos sanitarios mecanizados.
- Vida útil superior a 10 años.
- Taludes con no más de una inclinación de 30%.
- Bascula, caceta de control, garita.
- Área administrativa y oficinas.
- Recursos básicos (agua, luz, teléfono).
- Base suelo impermeable. Coeficiente de penetración menor al 10^{-8} m/s, espesores de 0.50 metros y compactación al 95% tipo Proctor estándar. Pendiente mínima de 3% hacia tuberías.
- Sistema de drenaje para lixiviados debe contar con capacidad de ser inspeccionados y dar mantenimiento. Este drenaje conducirá el escurrimiento hacia un sistema de tratamiento recirculatiorio en el relleno.
- Perforación de pozos para monitorear la calidad del agua subterránea.
- Equipo para impedir emisiones de material volátil.
- Supervisión profesional, permanente.
- Compactación de material utilizando equipo no menos pesado de 15 toneladas.
- Sistema de emisión de gases.
- Vigilancia y control posterior al cierre, por 15 años.
- Personal suficiente, en función al volumen diario de desechos sólidos.
- Lavadero de camiones y maquinaria.

a) Tratamiento de gases. Los gases que comúnmente se encuentran en la aglomeración de basura, fenómeno natural por la exposición de desechos sólidos con el medio ambiente, son:

amoniaco, dióxido de carbono, ácido sulfúrico, hidrógeno, metano, nitrógeno y oxígeno. De estos gases se identifica el metano y el dióxido de carbono como más peligrosos. Para realizar un correcto tratamiento de gases es necesario estimar la cantidad de gas liberado por los desechos según el volumen de los mismos.

Cuadro 28. Peso molecular y densidad de gases, en condiciones normales, encontrados en rellenos sanitarios (0°C, 1 atm)

Gas	Fórmula	Peso Molecular	Densidad	
			g/l	lb/pie^3
Aire			1,2928	0,0808
Amoníaco	NH_3	17,03	0,7708	0,0482
Dióxido de carbono	CO_2	44,00	1,9768	0,1235
Monóxido de carbono	CO	28,00	1,2501	0,0781
Hidrógeno	H_2	2,016	0,0898	0,0056
Ácido sulfhídrico	H_2S	34,08	1,5392	0,0961
Metano	CH_4	16,03	0,7167	0,0448
Nitrógeno	N_2	28,02	1,2507	0,0782
Oxígeno	O_2	32,00	1,4289	0,0892

Fuente: Roben, 2002

Es necesario que estos gases sean conducidos por medio de chimeneas hacia la superficie, pero no deberán de ser liberados sin antes ser tratados por plantas de tratamiento de gases tipo efecto invernadero. El objetivo de este tratamiento es impedir la concentración de gases peligrosos en un mismo lugar para que estos no interactúen entre ellos y puedan mutar en toxicidad que afecte al medio ambiente.

Cuadro 29. Distribución porcentual típica de gases de rellenos sanitarios durante los primeros 48 meses

Intervalo de tiempo desde que se inició la terminación de la celda, meses	Porcentaje promedio en volumen		
	Nitrógeno N_2	Dióxido de carbono CO_2	Metano CH_4
0 – 3	5,2	88	5
3 – 6	3,8	76	21
6 – 12	0,4	65	29
12 – 18	1,1	52	40
18 – 24	0,4	53	47
24 – 30	0,2	52	48
30 – 36	1,3	46	51
36 – 42	0,9	50	47
42 – 48	0,4	51	48

Fuente: Roben, 2002

b) Tratamiento de lixiviados. Por definición, los lixiviados son un líquido percolado resultante de la interacción de residuos sólidos con agua proveniente de fuentes externas al residuo. Estas

fuentes externas de agua pueden ser: drenaje superficial, precipitación, agua subterránea o agua sub superficial.

Los lixiviados contienen elementos tóxicos que contaminan cuerpos de agua a medida que estos se infiltran en el suelo.

Cuadro 30. Datos sobre la composición de lixiviados encontrados en rellenos sanitarios

Constituyente	Valor mg/l	
	Rango[+]	Típico
DBO_5(demanda bioquímica de oxígeno, 5)	2.000 – 30.000	1.000
COT (Carbón orgánico total)	1.500 – 20.000	6.000
DQO (demanda química de oxígeno)	3.000 – 45.000	18.000
Sólidos suspendidos totales	200 – 1.000	500
Nitrógeno orgánico	100 – 600	200
Nitrógeno amoniacal	10 – 800	200
Nitrato	5 – 40	25
Fósforo total	1 – 70	30
Orto-fósforo	1 – 50	20
Alcalinidad como $CaCO_3$	1.000 – 10.000	3.000
pH	5.3 – 8.5	6
Dureza total como $CaCO_3$	300 – 10.000	3.500
Calcio	200 – 3.000	1.000
Magnesio	50 – 1.500	250
Potasio	200 – 2.000	300
Sodio	200 – 2.000	500
Cloruro	100 – 3.000	500
Sulfato	100 – 1.500	300
Hierro total	50 – 600	60

Fuente: Roben, 2002

El Cuadro 30 representa valores referenciales para rellenos sanitarios, pero no pueden utilizarse como un promedio ya que los mismos dependen de la concentración del contribuyente.

El tratamiento de los lixiviados corresponde a la impermeabilización previa del suelo donde se ubicará el relleno sanitario, esto deberá realizarse por geomembranas o geocompuestos que garanticen la correcta captación del líquido percolado. Los lixiviados, una vez captados, deben conducirse por una red de drenajes que desfogue los mismos hacia una pila de acumulación. Es necesario que en esta pila el líquido sea tratado para eliminar los elementos tóxicos y bombearlos de nuevo a la superficie para iniciar un proceso de recirculación.

Figura 52. Sistema de drenaje para lixiviados



Fuente: Zarco, 2014

(Tchobanoglous, 1982)

c) Geocompuestos y geomembranas. Láminas poliméricas impermeables fabricados en cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta o baja densidad (PEAD/PEBD). Son recubrimientos sintéticos impermeables a fluidos y partículas. Se utilizan para impermeabilizar el suelo y conducir los lixiviados hacia sistema de drenajes existentes.

Figura 53. Utilización de geosintéticos para impermeabilización de suelo



Fuente: Zarco, 2014

d) Cierre técnico. Una vez que el relleno sanitario alcance su vida útil, debe procederse a realizar el cierre técnico. Estudios demuestran que aún después de 25 años de haber cerrado el relleno sanitario, este aún liberará emisiones por los desechos. Por lo que no se recomienda que este terreno sea utilizado para urbanizaciones o agricultura durante este periodo.

El proceso de cierre técnico conlleva las siguientes actividades:

- Levantamiento topográfico del terreno.
- Asentamientos y derrumbes (control visual, una vez por año).
- Fugas del gas de relleno fuera del área (en rellenos grandes y en rellenos medianos cercanos de áreas pobladas, eso se debe controlar entre 2 y 4 veces por año durante los 3 primeros años después del cierre del relleno).
- Estado de las plantas sobre el cuerpo del relleno, en los taludes y alrededor.

"El estado de las plantas es un buen indicador si hay fugas de gas. Como el metano tiene un impacto asfixiante sobre muchas plantas, tanto en la atmósfera como en el suelo, un sitio con considerable menor densidad de vegetación indica una fuga de gas."

(Roben, 2002)

3) Enterramiento. El enterramiento se refiere al proceso de compactación de basura y verter sobre ella capas de material de relleno para que los desechos no estén en contacto directo con el ambiente. Este tipo de metodología no cuenta con tratamiento de desechos sólidos por lo que no es recomendable realizarlo únicamente así.

b. Servicio especial. El servicio especial se encarga de tratar residuos y desecho como basura patógena, tóxicos combustibles, radioactividad, volátiles, empaque químico, hospitalario, etc. Esto es posible mediante incineradores, plantas de tratamiento de clasificación, pilas de lixiviados, etc.

(Departamento de Control Ambiental, 1994)

1) Incineradores. Son hornos industriales que tratan variedad de desechos sólidos para quemarlos y eliminarlos de manera instantánea. Es necesario contar con el equipo y maquinaria especializado y regularizado para garantizar que los gases, causados por la incineración de desechos, no sean liberados a la atmosfera sin antes ser tratados adecuadamente.

Estos incineradores suelen trabajar a temperaturas mayores a 800 °C, además deben contar con cámaras auxiliares que quemen los humos provenientes de los desechos sólidos principales.

Figura 54. Incinerador para desechos hospitalarios



Fuente: Hornos Industriales LTDA, 2017

Esta metodología para tratar residuos sólidos no siempre es la más común, ya que para realizar un correcto trabajo es necesaria una inversión considerablemente alta en relación con el volumen de residuo y desechos que el sistema tiene la capacidad de tratar.

(Hornos Industriales LTDA, 2017)

2) Plantas de tratamiento de clasificación. Son establecimientos cuya función es clasificar y separar material entrante por las líneas de selección por las cuales estarán circulando los desechos. Se realiza todo el proceso de forma integral: diseño, fabricación y montaje llave en mano de plantas para el tiraje selectivo, tratamiento y valorización de todo tipo de residuos.

Figura 55. Planta de tratamiento de clasificación



Fuente: IMABE IBÉRICA, 2015

7. Transporte y recolección de desechos sólidos. Comúnmente los residuos sólidos de lugares poblados son extraídos por recolectores que transportan esta materia hacia los establecimientos anteriormente detallados. Durante este proceso es necesario una clasificación primaria que es fundamental para el tratamiento posterior de estos. La recolección de basura permite que los lugares se mantengan adecuados para vivir, también tienen como objetivo la contaminación de ambientes habitados.

El transporte se refiere a la reubicación adecuada de materiales que ya no son más útiles en determinado lugar para iniciar su proceso de descomposición o reutilización.

8. Material de cobertura. Se refiere a todo material disponible y competente para recubrir por medio de capas (según diseño) los desechos vertidos en la superficie. Este material debe de ser compactado y tiene como objetivo disminuir la interacción con agentes externos con los desechos sólidos.

Por esta razón es necesario que el banco de disponibilidad, sitio establecido como hogar de material de cobertura, contenga abundante material, ya que, de carecer de este mismo en cualquier época de su vida, no podrá estar en actividad el relleno sanitario.

(Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 1997)

9. Impacto de desechos sólidos en la salud pública. Cuando la basura llega a estar por un largo periodo expuesto a la intemperie sin recogerla, se vuelve hogar de animales que pueden desarrollar enfermedades que afectan la salud de las personas.

a. Roedores. Los roedores son los animales que comúnmente viven en los alrededores de basura, ya que se alimentan de los mismos. Los roedores tienen un ciclo de vida corto y su reproducción es acelerada. Estos animales nacen con rabia, por lo que una mordedura de este animal puede ocasionar serios problemas para la salud humana. La pulga de la rata fue la originaria de la peste bubónica ocurrida en Europa, esto la hace aún más peligrosa de convivir.

b. Moscas. La mosca doméstica es un animal portador de bacteria y patógenos, ya que esta vive y se alimenta de cualquier material orgánico que encuentre. Su ciclo de vida y reproducción son lo suficientemente acelerados para infestar una población en cuestión de semanas. Estos animales esparcen enfermedades virales y gastrointestinales. Afectan la salud del humano por los alimentos que ingiere.

(Departamento de saniamiento ambiental, 1993)

IV. METODOLOGÍA

A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate.

Las características morfométricas se realizaron por medio de cuatro cartográficas seleccionadas para cubrir toda la cuenca. Primero, es necesario delimitar el área de la cuenca, por medio del parte aguas, dentro del programa AutoCad, para obtener mayor precisión y trabajar en programas digitales. A partir del área de la cuenca se obtienen el resto de los parámetros morfométricas. Las cartográficas seleccionadas proporciona los ríos y arroyos del lugar, con el propósito de trazarlos e identificar qué orden es cada corriente. Es importante determinar qué ríos son perennes e intermitentes, ya que estos son fundamentales para obtener el drenaje de la cuenca y el número de orden de la cuenca (los efímeros no son influidos). El relieve de la cuenca se obtiene por medio de Giovanni NASA, una red virtual con información satelital con registro desde relieves, hasta precipitaciones e incluso temperatura que cubre todo el globo terrestre.

Para la descripción de demografía, se solicitaron los censos para determinar el número de personas involucradas para cada región de la cuenca. Además de conocer el comportamiento del agua sobre la cuenca de manera natural, el ser humano es un factor influyente ya que utiliza agua proveniente de manantiales o pozos y la mayoría de los poblados tiende a descargar en ríos. Se identificaron los ríos cercanos de los poblados seleccionados para ubicarlos y cuales son influenciado por los mismos. El análisis demográfico es una breve descripción sobre poblados dentro de la cuenca con su respectiva localización. Además, existen otros poblados dentro de la cuenca que han crecido, pero son catalogados como “caseríos” y dentro de la cuenca se encuentran más de cincuenta de estos poblados. Las cartográficas también proporciona el lugar poblado y algunos caminos principales. En la página electrónica de Segeplan se encuentran archivos “shape” con cobertura de toda Guatemala. Para obtener los puntos de los poblados, se descarga Lugares Poblados de Guatemala, el cual se carga desde el programa QGIS y los datos provienen del INE. Para cargar archivos en QGIS, se requiere que algunos de estos que contengan más de una palabra estén unidos, sin dejar espacio o colocando guión bajo ya que el programa está basado en Python y a la hora de realizar análisis, ocurren problemas por errores de continuidad.

Para obtener el censo y la población de cada lugar, se solicitó información al Instituto Nacional de Estadística (INE) proporcionando el número de habitantes de cada poblado y en qué municipio pertenece cada uno. La información fue entregada en un disco llamado “Lugares poblados con base en el XI censo de población y VI de habitación 2002”. Al extraer los datos, se creó un cuadro con características breves para identificar y describir el lugar poblado seleccionado.

En cobertura de suelo y pendiente, se realizó, por medio de polígonos en QGIS, delimitaciones y distribución del uso de suelo y la cobertura del mismo, para determinar el coeficiente de escorrentía y como el caudal de lluvia es transformado a caudal de escorrentía. El uso de suelo es influyente en el tema de infiltración, ya que en algunos estratos son más permeables y otros impermeables (en el tema de

urbanización), además de cultivos y vegetación que absorben agua. La pendiente es otro factor importante debido a que mientras más inclinación tenga el terreno, menos infiltración, incrementando el caudal de escorrentía. Para el proyecto se espera identificar los usos de suelos descritos en el marco teórico, sin ser específico, ya que la cuenca es grande para ser detallistas. Se utilizará ortofotos de toda la cuenca para observar, diferenciar y determinar la cobertura de suelo.

Para las zonas de riesgo se obtuvo datos satelitales de precipitaciones en Giovanni Nasa para identificar que partes es donde llueve más dentro de la cuenca. Además, identificar qué número de orden es el Río Pensativo ya que, en época lluviosa, este tiende a rebalsarse, permitiendo el ingreso de corrientes dentro de La Antigua Guatemala. Adicionalmente, describir que otros poblados son afectados por las lluvias y qué terrenos dentro de la cuenca suelen ser vulnerables durante grandes intensidades. Además, se utilizó la información de los mapas de CONRED ya georreferenciados para dibujar las áreas que representan peligro en inundaciones y deslizamiento en la cuenca.

Para verificar el estado del agua del Río Guacalate, se tomó muestra en Alotenango, al sur de la cuenca, ya que todos los centros poblados municipales descargan en este mismo río. El propósito de este análisis es de encontrar todo tipo de sustancias tóxicas para identificar la concentración que lleva el Río Guacalate. En este municipio se encuentra el río a buen nivel para tomar la muestra, cerca de la ruta nacional 14, por un puente que da ingreso al pueblo. Otros puntos de muestra y análisis importantes son cerca de La Antigua Guatemala y Pastores, para determinar que poblados tienden a contaminar más este cuerpo de agua.

Materiales proporcionados por INLASA

- Recipiente de plástico para muestra de análisis fisicoquímico
- Bolsa sellada para muestra de análisis micro bacteriológico.

Para análisis fisicoquímico, se requiere llenar el recipiente en dirección opuesta a la corriente, preferible en la parte central del río, vaciarlo dos veces, y a la tercera cerrar el frasco inmediatamente. Para la micro bacteriológica, se abre la bolsa sellada y tomar la muestra en el mismo punto, pero solo una vez, dándole vueltas a la bolsa, retirando el exceso y asegurándola con los alambres para evitar la fuga o ingreso de aire. Ambas muestras se colocaron en una hielera para mantenerla intacta y entregado al laboratorio de INLASA, ubicado en la zona 12 de la capital.

B. Agua potable.

Se llevó a cabo una investigación bibliográfica con el fin de familiarizarse con las bases conceptuales del área de estudio. Se contactó al Departamento de Aguas de Antigua Guatemala para determinar el alcance del acercamiento a la zona de investigación y recaudar información con su conocimiento y consentimiento.

Se realizó el diseño de dos fichas técnicas: una para captaciones (nacimientos y pozos) y otra para tanques de agua (tanques de distribución y de rebombeo). Se utilizó un GPS marca Garmin, proporcionado por el

Departamento de Salud Pública, con el que se hizo el geoposicionamiento de los elementos tomados con las fichas técnicas antes diseñadas. Posteriormente, se hizo una planeación del recorrido para visitar las captaciones y tanques de almacenamiento de agua que conforman el sistema de agua potable de Antigua Guatemala.

Esta fase se visitó a los pozos, nacimientos y tanques del sistema de abastecimiento de agua potable de Antigua Guatemala, así como la obtención de los datos de estos elementos. Estas se realizaron durante agosto y septiembre. Los datos recaudados provienen de las visitas a los elementos, información proporcionada por el Departamento de Aguas y de la experiencia de los trabajadores municipales. La información recolectada de cada elemento es la siguiente:

- Nombre de la captación o tanque
- Ubicación del elemento
- Geoposicionamiento del elemento
- Dimensiones y volumen de los tanques de agua
- Volumen de los tanques de cloro
- Material y diámetro de las tuberías de entrada y salida
- Destino (lugar al que se dirige el agua desde la tubería de salida)
- Origen (lugar del que proviene el agua por la tubería de entrada)
- Fotos del lugar
- Profundidad de la tubería de inducción de pozos
- Potencia de las bombas de los pozos y rebombeos
- Fontanero o técnico que proporcionó información del elemento
- Horas de servicio diario de bombas
- Otras observaciones

El Departamento de Aguas de Antigua Guatemala proporcionó información sobre caudales de pozos, profundidades de pozos, niveles estáticos y dinámicos, geoposicionamiento de pozos y potencia de las bombas de los pozos. Se encontraron inconsistencias en cuanto a los caudales de los pozos. Por este motivo, de la información proporcionada se utilizó solamente el nombre de los pozos y los niveles dinámicos. La información de las profundidades fue obtenida de los fontaneros ya que, en su mayoría, han estado presentes en el mantenimiento de un pozo. Los caudales se estimaron con una ecuación (descrita más adelante) y fueron comparados con los proporcionados. El GPS (Global Positioning System / Sistema de Posicionamiento Global) indicaba la elevación con respecto al nivel del mar, sin embargo, se determinó esta elevación por medio de un archivo DEM de Giovanni NASA utilizando el programa QGIS.

En ocasiones no se obtuvo datos de algunos elementos. Esto se debe a que los días de visita no se encontraban las llaves para entrar a las estaciones de bombeo o para abrir los tanques de almacenamiento. Este suceso ocurrió repetidas veces limitando la cantidad de información recaudada.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos los proporcionó por el Departamento de Salud Pública. Los análisis físico-químicos se llevan a cabo cada semestre según los requerimientos de COGUANOR. Los resultados de los análisis físico-químicos proporcionados para este proyecto corresponden al mes de julio de 2017 y fueron realizados por Procheinsa Industrial Chemical Products, S.A. Los análisis microbiológicos y contenido de cloro se llevan a cabo mensualmente según los requerimientos de COGUANOR. Los resultados de los análisis microbiológicos proporcionados para este proyecto corresponden al mes de agosto de 2017 y fueron realizados por COPROSERSA.

C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala.

El perímetro de levantamiento de datos se limitó a la ciudad de La Antigua Guatemala, pues dentro de este territorio se aglutina la mayoría de establecimientos de hospedaje y alojamiento.

El universo del estudio eran todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento que se encontraban dentro de los límites del casco urbano de La Antigua Guatemala. La categorización de estos establecimientos se diseñó en torno al número de habitaciones de huéspedes que ofrecen, ya que el INGUAT (2017) no cuenta con un registro adecuado de la clasificación hotelera y de hospedajes establecida en el Acuerdo Gubernativo No. 1144-83. No obstante, se tomaron algunos aspectos de esta normativa para el análisis de los resultados de esta investigación.

Se diferenció a los hoteles *boutique* de los pequeños porque este término se utiliza para describir hoteles de entornos íntimos, generalmente lujosos y se encuentran en antiguas casas. Un hotel *boutique* busca proporcionarles un servicio personalizado a sus huéspedes, por lo que sus precios son usualmente más altos que los de un hotel estándar con el mismo número de habitaciones (Baca Cuba, 2013).

Las variables analizadas descriptivamente tenían el objetivo principal de arrojar resultados acerca del consumo total de agua por los hoteles de la muestra, siendo las siguientes: área total del hotel, área total de las habitaciones de huéspedes, número de habitaciones, tasa de ocupación anual, dotación mensual de agua: municipal, de pozo, cisterna y otras fuentes, número de sanitarios y duchas dentro del hotel, área total de campos y jardines con riego constante, la implementación de programas de capacitación en conservación del agua para sus colaboradores y la implementación de programas de concientización en ahorro de agua para sus huéspedes. A su vez, la herramienta virtual lanzó los resultados de las siguientes variables: el consumo de agua anual del hotel, el consumo por habitación y por huésped por día, la proporción del consumo de agua por las habitaciones de huéspedes y la proporción de consumo de agua por los salones de eventos.

Se diseñó una encuesta con 37 ítems a partir de la Iniciativa de Medición de Agua en Hoteles o HWMI, por sus siglas en inglés. Esto quiere decir que las preguntas incluidas en el instrumento se formularon con el motivo principal de obtener los datos necesarios para su ingreso en esta calculadora virtual, y así tener la capacidad de calcular el consumo de agua de cada establecimiento encuestado. Además, se agregaron algunas

preguntas acerca de la temporalidad del consumo y programas implementados por los hoteles para el ahorro de agua. La encuesta estaba dividida en diferentes secciones, que buscaban obtener información precisa sobre las diferentes acomodaciones, servicios e instancias en las que consumen agua los establecimientos.

Se llevó a cabo un análisis descriptivo (medias, desviaciones estándar, intervalos, etc.) de los datos obtenidos por la encuesta, además de presentar los resultados que arrojó la HWMI y realizar también un análisis descriptivo de los mismos. Este análisis se realizó con la utilización del software estadístico *Stata* en su versión 12.1 y el paquete de *Microsoft*.

D. Drenaje pluvial.

Para el drenaje pluvial se planteó el objetivo general "Caracterizar el estado actual del sistema de evacuación de aguas pluviales de la Antigua Guatemala; evaluando su comportamiento ante la demanda hídrica de la región". Para cumplir con este objetivo se definieron cuatro objetivos específicos para obtener las conclusiones y así conocer el estado actual del sistema de evacuación de agua pluvial.

Se localizaron todas las obras de drenaje pluvial en la Antigua Guatemala utilizando un GPS para definir cada alcantarilla como un punto en el mapa para luego elaborar mapas SIG en donde se localicen todas las obras de alcantarillado y así tener una cuantificación de las obras de alcantarillado y su ubicación georeferenciada. Se evaluó la influencia de la urbanización en el proceso de escorrentía. Para esto se definió el área de estudio, se identificó el uso de suelo de la región, se obtuvo el coeficiente de escorrentía para cada sitio de análisis, mediante curvas de nivel se identificó la dirección del flujo, para conocer los puntos más propensos a inundarse ante una tormenta. Luego se realizó un análisis comparativo del uso de suelo 1995-2010 para tener una comparación de la influencia de la urbanización en el proceso de escorrentía y como este afecta en los caudales pico.

Se conocieron los sistemas de drenaje pluvial para evaluar si las dimensiones de este son capaces de captar la escorrentía. Para esto se realizaron simultaneas visitas técnicas para localizar pozos de vista claves para realizar el estudio, se pidieron planos a la municipalidad de Antigua Guatemala para conocer las dimensiones y localización de los drenajes actuales para luego hacer la evaluación si estos eran capaces de captar la escorrentía demandada. Se determinaron qué otras razones provocan que el sistema de drenaje pluvial no sea capaz de captar la escorrentía. Para esto se observó si el estado actual de los drenajes pluviales se encuentra en buenas condiciones: sin obstrucciones (desechos sólidos, grava, etc.), dimensiones correctas de las alcantarillas, posición correcta, etc.

E. Drenaje sanitario.

Como objetivo en drenajes sanitarios se tiene que evaluar el estado de los mismos de la ciudad de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Para llevar a cabo se realizaron tres objetivos específicos que nos llevan a concluir cuál es el estado actual de los drenajes sanitarios.

Se evaluó el sistema de drenajes existentes hidráulicamente que hay en la ciudad de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez. para evaluar el sistema de drenajes sanitarios, se realizaron diferentes actividades para conseguir la información necesaria. Se realizó una hoja de cálculo la cual nos indica si la pendiente y el diámetro de la tubería son capaces de transportar el caudal que recibe gracias a la descarga sanitaria de domicilios, hoteles o comercios.

La información necesaria para utilizar la hoja de cálculo se consiguió de diferentes fuentes y lugares. Para la población de cada tramo, se investigó cuanta gente vive por domicilio en la ciudad de La Antigua Guatemala, esto se consiguió en el documento de ENIGFAM del INE. Se visitó la ciudad colonial para ver cuántas casas existían en cada tramo analizado y con eso se consiguió la población aproximada presente y futura de ese tramo.

F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario.

El trabajo de investigación se basa en dos partes fundamentales, la realización de una investigación bibliográfica y la caracterización de plantas de tratamiento de aguas residuales de Antigua Guatemala.

En relación con la primera parte, se tocó temas como la caracterización física, química y biológica de las aguas residuales, DBO, DQO, etapas de una PTAR, marco legal y mantenimiento general de plantas de tratamiento; dicha información se obtuvo mediante libros y sitios web, logrando así el primer objetivo específico.

Para lograr el segundo y tercer objetivo específico, que constan de la determinación de la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y la generación del mapa temático en Qgis; se lograron mediante la información proporcionada por la Municipalidad de La Antigua Guatemala y visitas de campo a las instalaciones de cada una de ellas. Se realizó tres mapas temáticos uno para la comunidad de San Cristóbal El Alto, otro para la comunidad de San Mateo y el último, la ubicación de las tres plantas de tratamiento existentes; cada uno de ellos se presenta con su ortofoto respectiva para visualizarlos de una mejor manera. El archivo en Qgis puede servir para un mejor control de las plantas, para verificar su acceso o si están cerca de ríos, entre otras. Además, puede utilizarse como base para agregar nuevas plantas de tratamiento de carácter municipal y de las plantas de carácter privado ya existentes.

Posteriormente se realizó la ficha técnica para cada una de las plantas de tratamiento, logrando el cuarto objetivo específico. Este se logró mediante visitas de campo a cada una de las plantas para observar que tipo de tecnología poseen para el manejo y mejoramiento del agua residual, su acceso, ubicación, ornamento, entre otros. Por otro lado, se tomaron fotografías para describir con más detalle la condición actual.

El análisis del documento “Assessing decentralized wastewater treatment options in Santa Barbara Country” que es el quinto objetivo específico, se basó en la elección de los sistemas más factibles para implementación en Guatemala, con la restricción del costo inicial alto, alta mano de operación especializada

y el alto coste del mantenimiento. Estas tecnologías descentralizadas pueden ser utilizadas en vez de las tecnologías convencionales.

Por último, el diseño de los elementos que se encuentran en las plantas de tratamiento se realizó por medio de la literatura y con los caudales de entrada a la planta, y parámetros que la Municipalidad de La Antigua de Guatemala proporcionó. El diseño inverso para encontrar el caudal de diseño se basó en los volúmenes existentes, tomados en campo y con el apoyo de los planos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto permite determinar si los sistemas siguen funcionando correctamente con relación al caudal de entrada. Con esto se cumplen los últimos dos objetivos específicos que eran la verificación del estado actual de los elementos y el diseño de los mismos para encontrar el caudal de diseño.

G. Desechos sólidos.

Para poder alcanzar los objetivos planteados fue necesario, en un inicio, realizar un reconocimiento del estado actual del único establecimiento autorizado, por la municipalidad de La Antigua Guatemala, para el manejo y tratamiento de residuos sólidos. Se realizaron visitas de campo, análisis de estudios preliminares, elaboración de fichas técnicas y supervisión del manejo actual. Esto fue comparado con estudios y buenas prácticas existentes que pudieran servir como un indicador de un correcto manejo en cada proceso de los tratamientos.

Una vez establecidos dichos parámetros e indicadores y comparados con las condiciones actuales del establecimiento, se identificaron las carencias o desperfectos que contaba dicho sistema actual. Se propusieron soluciones tentativas, acorde a la realidad. Fueron evaluadas las condiciones actuales por las que está sometida Antigua Guatemala. Factores como espacio, tiempo y costo fueron representativos para presentar ideas cuyo alcance fuera coherente y cumpliera con las necesidades de la población afectada.

La Municipalidad de Antigua Guatemala cuenta con una variedad de terrenos municipales a su disposición, muchos de ellos que están abandonados y no tienen un uso con un fin competente. Estos terrenos fueron evaluados para determinar si alguno cumplía con los requisitos básicos para albergar un determinado tratamiento para los residuos sólidos de Antigua Guatemala. Fue necesaria la creación de mapas temáticos que representaron gráficamente los resultados buscados. Estos fueron creados por medio del software Quantum Gis.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

Cuadro 31. Resultados de la morfometría de la cuenca del río Guacalate

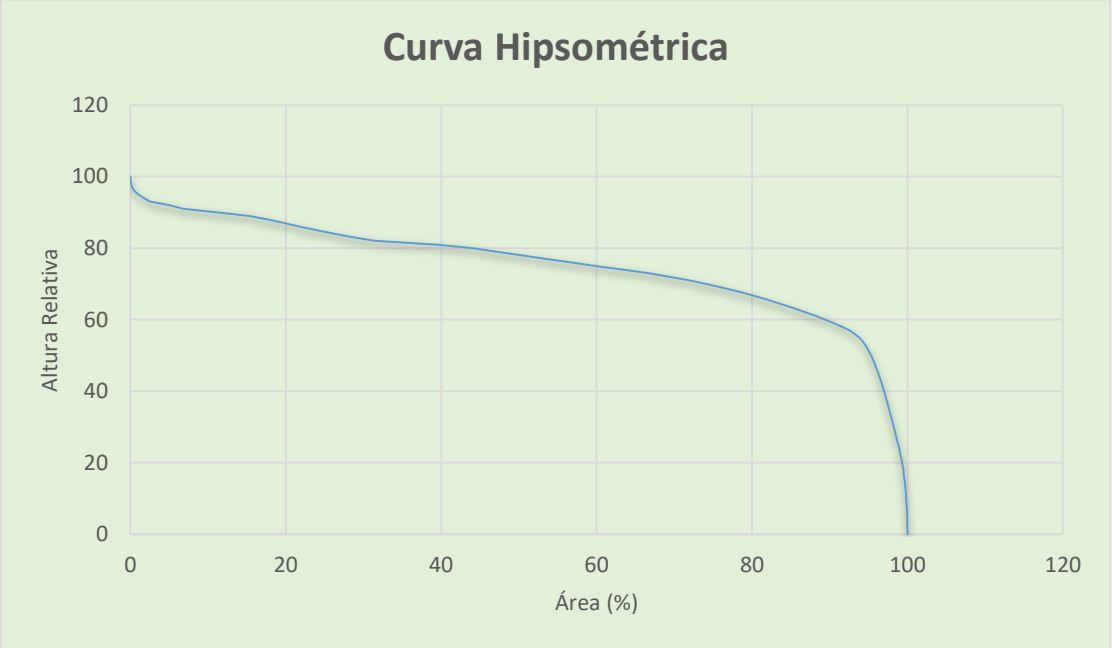
Parámetros morfométricos de la cuenca			
Todas los parámetros provienen de la proyección WGS84 / UTM zona15N			
No.	**Parámetro Morfométrico**	**Cantidad**	**Dimensión/Descripción**
1	Área	406.36	km^2
2	Perimetro	89.57	km
3	Longitud de la cuenca	22.90	km
4	Ancho de la cuenca	17.74	km
5	Orientación de la cuenca	-	Norte a Sur
6	Factor de forma	0.77	Ensanchada
7	Coeficiente de compacidad	1.25	Oval redonda
8	Densidad de drenaje	1.39	Densidad de drenaje moderada
	Longitud de rios perennes	564.86	km
9	Orden	5to orden	-

1. Morfometría de la cuenca del Río Guacalate. Según el Cuadro 31, la cuenca tiene una extensión de 406. 46 km2, abarcando la mayoría de los municipios del departamento de Sacatepéquez y algunos de Chimaltenango. La cuenca es catalogada como una subcuenca, estando entre el rango de 100 km2 y 700km2, ya que es la parte alta de la cuenca del río Achiguate (que desemboca en la Costa Sur de Guatemala). El perímetro tiene casi 90 km, pasando sobre los 3 volcanes (Fuego, Agua y Acatenango), Montaña Carrona, Santa Lucía Milpas Altas, Magdalena Milpas Altas, Sumpagno, El Tejar, Chimaltenango y Montaña El Soco. La longitud de la máxima de la cuenca es de 22.9 km, desde el punto bajo en Alotenango, hasta la frontera con Sumpango. El ancho de la cuenca es la relación entre el área y la longitud, representando un ancho promedio de 17.74 km. La orientación de la cuenca tiene sentido de norte a sur, por medio de la elevación de terreno de la Sierra Madre, llevando a la continuación del Río Achiguate en Escuintla (por debajo de Sacatepéquez).

Para el factor de forma, se utilizó el área de la cuenca y la longitud al cuadrado, obteniendo un valor de 0.77, representando una forma ensanchada, lo cual indica que la cuenca contiene un caudal pico moderado durante más tiempo en el transcurso del río. Si la cuenca fuera tomando en cuenta el Río Achiguate, el factor de forma sería más pequeño, dando una descripción alargada, conteniendo menor caudal pico, pero con mayor duración. El coeficiente de compacidad es de 1.25, tomando una forma de oval redonda, acercándose a la forma de un circulo. La cuenca es propensa a crecidas ya que, al precipitar, tiene gran área de captación y toda la escorrentía afectará a la crecida del Río Guacalate. Para la densidad de drenaje, es importante tomar

en cuenta los ríos intermitentes y perennes en épocas lluviosas. Se tomaron en cuenta todos los ríos provenientes de la cartográfica y del DEM, donde el agua drena en cada quebrada. La densidad de drenaje es de 1.39 km/km2, un drenaje moderado en toda la cuenca debido a la cantidad de depresiones y elevaciones por montañas que tiene la cuenca. Finalmente, el número de orden del Río Guacalate pasa a ser de 5to orden cerca del Municipio de Ciudad Vieja, uniéndose con el Río Pensativo, siendo este de 4to orden justo después de La Antigua Guatemala.

Figura 56. Curva hipsométrica de la cuenca del río Guacalate



2. Tipo de clima en la cuenca del Río Guacalate. A pesar de que la cuenca tiene vertiente en el Océano Pacífico, la mayor parte de la precipitación la recibe la elevación orográfica ubicada en las faldas sur de los volcanes Agua y Fuego, transportando aire menos húmedo hacia los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. En Guatemala se presenta una zona tropical en las costas y selva en el área de Petén, pero en la meseta central entre las sierras, se encuentra más evapotranspiración y menos precipitaciones (a diferencia del valle del Río Polochic donde se concentra mucha humedad por altas vegetaciones). En época lluviosa, hay mucho ingreso de humedad entre los volcanes, proveniente de los vientos del Sur, pero es frenado por los vientos del Norte, creando una detención de las nubes por encima de Alotenango, dando un ambiente fresco en horas de la tarde. A diferencia en otros municipios de la cuenca, se genera un intenso calor en el valle de Panchoy y dependiendo del estado del tiempo, se han generado mayores intensidades de lluvia en los últimos años, provocando mayores inundaciones en cuestión de minutos.

En época seca fría, entre los meses de diciembre a febrero, hay presencia de vientos fuertes por frentes fríos que provienen del norte, generando heladas en puntos altos de la cuenca. En enero de 2017 se presentó un frente frío que afectó a un grupo de turistas escalando el Volcán Acatenango, provocando la muerte de seis miembros del grupo. Estos fríos vientos generan algunas precipitaciones de lluvia y granizo, debido a las bajas temperaturas que concentran la humedad, sintiendo más intenso el frío, especialmente en horas de la madrugada.

La cuenca del río Guacalate está en la fase de juventud donde hay gran potencial para erosionar. Para que la cuenca llegue al equilibrio o a la fase de vejez, se requiere que pasen centenas de años para que erosione todo el terreno y el porcentaje de área se concentre en alturas bajas, como lo muestra la figura 24.

3. Demografía de poblados. La Antigua Guatemala es una ciudad colonial que está ubicado en el municipio de Antigua Guatemala, del departamento de Sacatepéquez. Las coordenadas en UTM zona 15N son 744178, 1610494, y los poblados colindantes son: Sureste de Jocotenango, Noroeste de Ciudad Vieja. Este poblado tiene una población total de 41,907 personas que residen en la ciudad colonial en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística. Para sacar una estimación y obtener una población aproximada para el año 2017, se requiere una tasa de crecimiento general de 2%, aplicando la siguiente ecuación:

$$Pf = \text{Po} * (1 + \text{i})\text{^n}$$

Donde:

Pf: Población actual o final

Po: Población inicial

i: Tasa de crecimiento poblacional

n: Número de años entre la población inicial y el año que se desea obtener

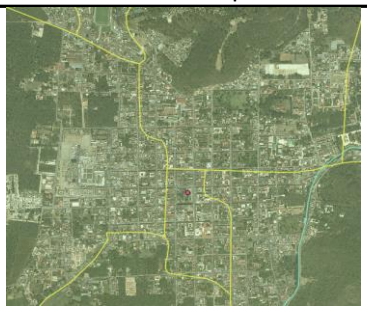
La población en el 2017 tendría una cantidad de 56,401 personas aproximadamente, pero hay que tomar en cuenta que la tasa de crecimiento debe de ser la indicada y correcta para encontrar las personas que residen hoy en día, además de la cantidad de turistas que se alojan en hoteles y hostales. La categoría de La Antigua es Ciudad, mientras que muchos lo confunden con pueblo. La altura de elevación es de aproximadamente 1530 msnm, siendo esta similar a la de Ciudad de Guatemala. Los ríos cercanos de La Antigua son el famoso Río Pensativo, el cual se realizó una canalización para derivarlo y rodear la ciudad, y el Río Guacalate, donde la mayoría de los poblados realizan las descargas de aguas residuales.

Se describe la misma información para Chimaltenango, con coordenadas UTM zona 15N de 734696, 1621985, en la parte noroeste de la cuenca del río Guacalate. La población es menor que la de La Antigua Guatemala, con 20,891 personas en el censo del 2002. La categoría es de ciudad y se encuentra a una altura de 1800 msnm. Los ríos cercanos son: el Río Guacalate y Quebrada del Rastro que se intercepta con el

Guacalate más adelante. La mitad del poblado está cubierto por la Cuenca del Río Guacalate, como se puede observar en la imagen del cuadro 38 donde la cuenca está definida con un color verde y el perímetro rojo.

Al igual que otros poblados, se encuentra el resto de los cuadros en el capítulo de Anexos con su respectiva información, localización y ubicación en el mapa para referenciarlo dentro de la cuenca. Hay más poblados por describir, pero son de categoría inferior como caseríos, villas y fincas donde la información es escaza y se desconoce su crecimiento poblacional.

Cuadro 32. Demografía de La Antigua Guatemala

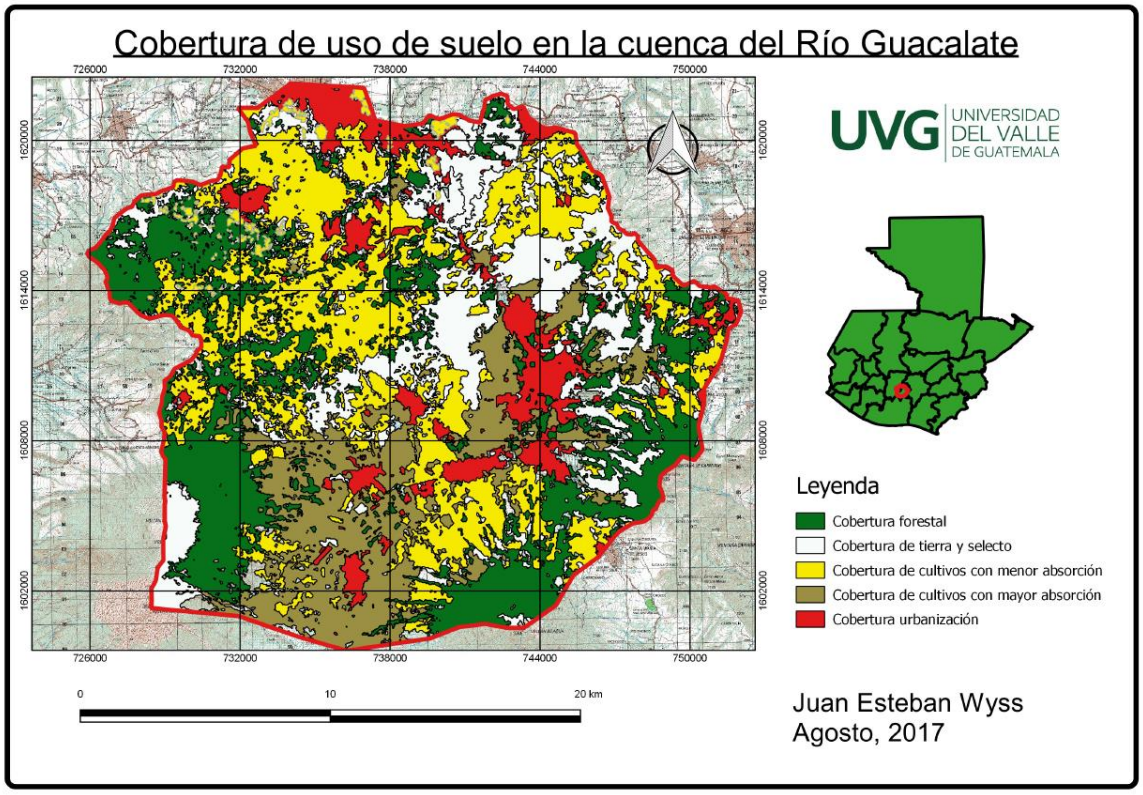
Demografía La Antigua Guatemala			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	**Ríos cercanos**	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo, Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744178 , 1610494	**Ubicación mapa**	
Localización y colindancias	Sureste de Jocotenango, Noreste de Ciudad Vieja		
Población (Censo 2002)	41,097		
Categoría	Ciudad		
Altura	1530 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Cuadro 33. Demografía de Chimaltenango

Demografía Chimaltenango			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	**Ríos cercanos**	
Municipio	Chimaltenango	Quebrada del Rastro, Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	734696 , 1621985	**Ubicación mapa**	
Localización y colindancias	Norte de la Cuenca del Río Guacalate, Carretera Interamericana CA1, Oeste de El Tejar		
Población (Censo 2002)	20,891		
Categoría	Ciudad		
Altura	1800 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

4. Cobertura de suelo en la cuenca del Río Guacalate

Figura 57. Mapa de cobertura de uso de suelo en la cuenca del Río Guacalate



Cuadro 34. Cobertura de uso de suelo y coeficiente de escorrentía

Cobertura de uso de suelo			
Cobertura de suelo	**Coeficiente de Escorrentía**	**Área**	**% de area sobre la cueca**
Cobertura forestal	0.20	111.70	27.57
Cobertura de tierra, poca vegetación y suelo duro	0.30	77.81	19.21
Cobertura de cultivos con menor absorción	0.35	117.31	28.95
Cobertura de cultivos con mayor absorción	0.25	62.26	15.37
Cobertura Urbanización	0.85	36.08	8.90

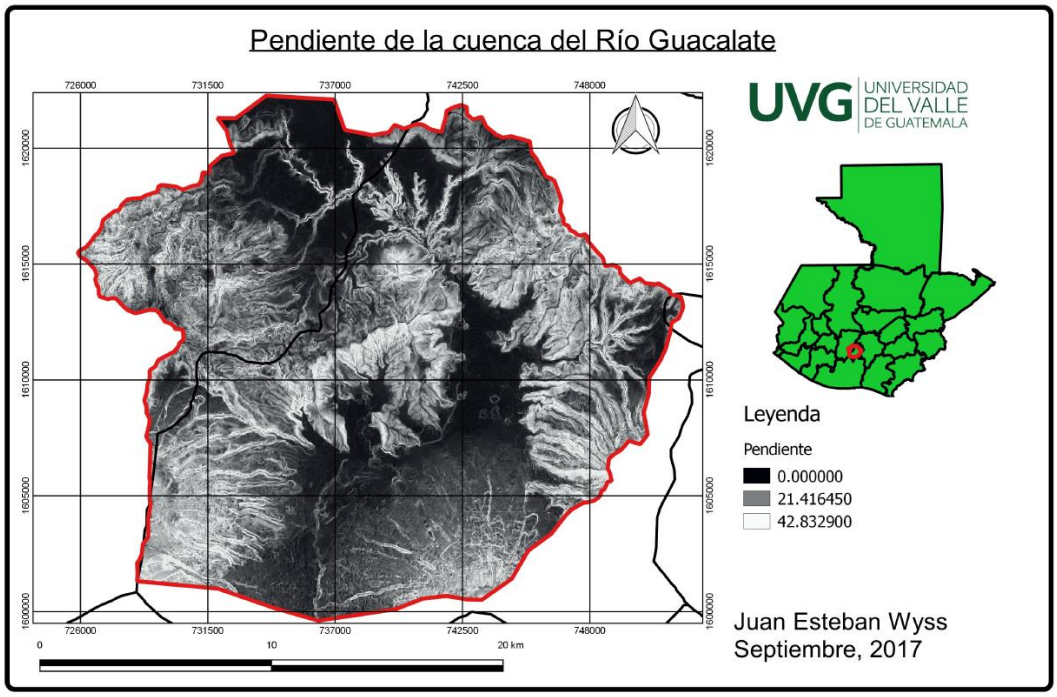
En la cuenca del río Guacalate se encuentran las siguientes coberturas de uso de suelo de una manera general para cubrir toda el área de estudio: cobertura forestal, cobertura de tierra y selecto, cobertura de cultivos con menor absorción, cobertura de cultivos con mayor absorción, y cobertura urbanización. Todas las coberturas de uso de suelo fueron extraídas y seleccionadas con el complemento de GRASS de QGIS. Se guardaron las selecciones según el color que representaba en dicha figura. El verde es la cobertura forestal, donde se aprecia un abundante bosque con mucha vegetación, especialmente en las zonas montañosas de la cuenca. El color banco se aplica para una amplia área de tierra, selecto y suelo duro donde en algunos casos se encuentra vegetación, pero no es abundante como la cobertura forestal. Este también se encuentra en la cima de los volcanes, donde se encuentra un suelo limo arenoso. La cobertura amarilla representa una

superficie de cultivos, praderas y campos trabajados por mano de obra con diferentes cultivos en fincas fuera de las zonas urbanas. Para la cobertura café, se logró identificar un suelo con una vegetación que absorbe más que la cobertura amarilla, donde se encuentra plantación de café y extensiones de arbustos en partes bajas de la cuenca. Finalmente, la cobertura roja representa el movimiento y la extensión de poblados donde se impermeabiliza el estrato por medio de asfalto, concreto, tejado y otras superficies donde se crea mayor escorrentía cuando llueve.

La cobertura forestal cuenta con un área de 111.7 km2, cubriendo un 27.57% de la cuenca. Su coeficiente de escorrentía es de 0.2, entendiéndose que la intensidad de lluvia que cae en el área forestal se infiltrará un 80% por el suelo y el resto será escurrimiento. Para la cobertura de tierra, poca vegetación y suelo duro, la intensidad de lluvia será afectada con un factor de 0.3, donde se encuentra el 19.21% del área de la cuenca. La cobertura de cultivos con menor absorción tiene la mayor extensión de terreno dentro de la cuenca con 28.95%, con un factor de escorrentía de 0.35. Para la cobertura de cultivos con mayor absorción, el área es de 62.26%, menor que la cobertura anterior, pero con mayor capacidad de infiltración debido a que el coeficiente de escorrentía es de 0.25. Finalmente, la cobertura urbanización tiene el mayor coeficiente de escorrentía, con un valor de 0.85, pero cuenta con un 8.90% del área de la cuenca y esta cobertura seguirá extendiéndose debido al crecimiento de la población. Todos estos coeficientes dependen de la cobertura, pero la pendiente también tiende a afectar el escurrimiento ya que, en terrenos inclinados, hay menor infiltración por parte del suelo debido que el agua baja por gravedad y el suelo no es capaz de infiltrar el agua a comparación de un terreno plano. A continuación, se presenta la pendiente en la cuenca y como esta es clasificada dentro del coeficiente de escorrentía.

5. Pendiente en el relieve de la cuenca del Río Guacalate. En la Figura 58 se aprecia el mapa de pendientes de la cuenca donde el terreno más inclinado se representa de un color blanco con escala de claroscuro, siendo el color negro como terreno plano. La pendiente afecta el escurrimiento dependiendo de qué tan inclinado se encuentre la superficie. Los terrenos con pendiente mayor a 7% incrementa el escurrimiento de 10 a 20%. Se definió con criterio empírico el factor para incrementar el caudal de escorrentía proveniente del método racional que depende de la intensidad, área y coeficiente de escorrentía. A continuación, se presenta el porcentaje de la pendiente obtenida en QGIS y la asignación del factor para incrementar la escorrentía durante las precipitaciones. La pendiente media de la cuenca, según QGIS, por medio de estadísticas de zona, es de 17. 84% en toda la cuenca.

Figura 58. Mapa de pendiente en la cuenca del Río Guacalate



Cuadro 35. Pendiente en la cuenca del Río Guacalate

Pendiente en la cuenca		
Color	**Pendiente %**	**Factor para caudal de escorrentía**
	0	1.00
	21.4	1.10
	42.8	1.20

6. Inundaciones en la cuenca del Río Guacalate. Dentro de la figura anterior se identifica, por medio del Mapa de Inundaciones de Guatemala ya georreferenciada en el programa QGIS, los municipios y poblados que son propensos a inundaciones durante las lluvias. Los siguientes poblados son:

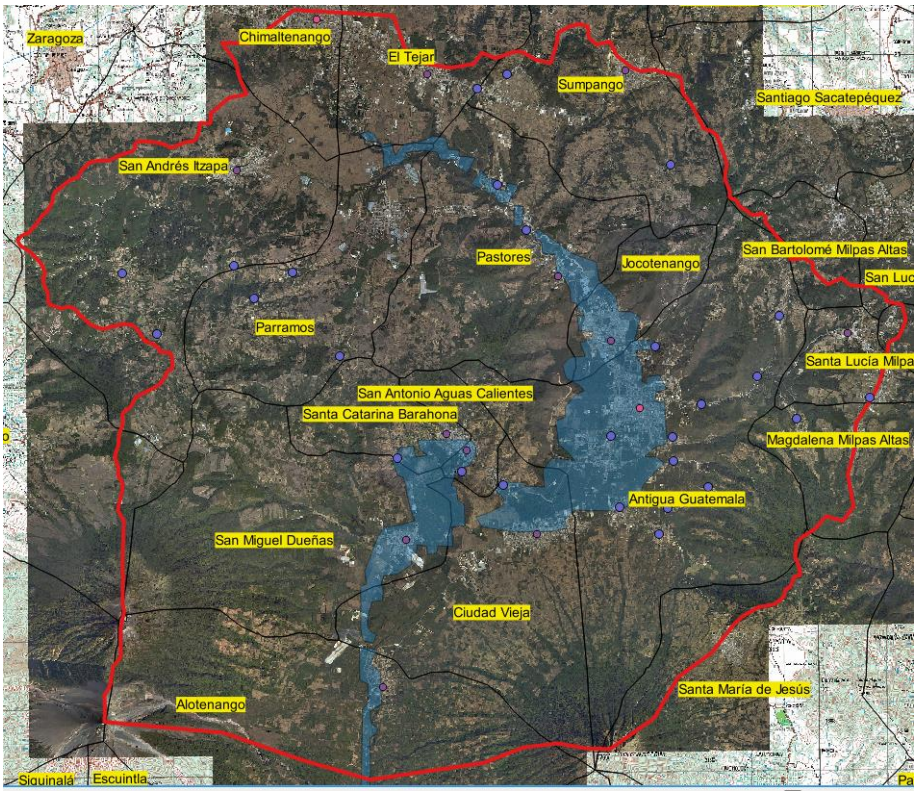
En las cabeceras municipales:

- Alotenango
- San Miguel Dueñas
- Ciudad Vieja
- Santa Catarina Barahona
- San Antonio Aguas Calientes
- La Antigua Guatemala
- Jocotenango
- Pastores

En aldeas:

- San Bartolomé Becerra
- San Pedro Las Huertas
- San Lorenzo El Cubo
- Santiago Zamora
- San Felipe de Jesús
- San Lorenzo El Tejar

Figura 59. Inundaciones en municipios dentro de la cuenca del Río Guacalate



Cuadro 36. Área de inundación de la cuenca del Río Guacalate

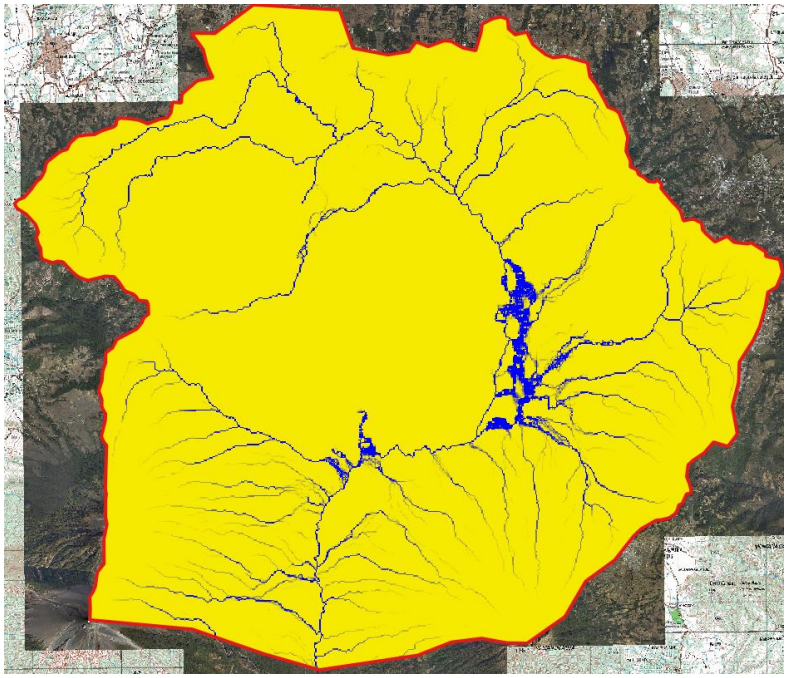
Área de inundación dentro de la cuenca	
Color	**Area (km2)**
	31

El área total de inundación de la cuenca es de 31 km2, abarcando las partes bajas de la cuenca y siguiendo la trayectoria del Río Guacalate. Esto representa un 7.63% del área total de la cuenca, donde se sitúan siete cabeceras municipales, todas del departamento de Sacatepéquez. Para el dibujo de la delimitación en inundaciones, se cubrió, sin importar la escala descrita en el mapa de CONRED, todo pixel que se muestra

con una nueva capa creada en QGIS. Se decidió cubrir de esta manera para ser conservador e identificar, durante un evento extremo de intensidades de lluvia, las áreas afectadas dentro de la cuenca.

El complemento de GRASS en QGIS determinó, por delimitaciones de cuencas, la acumulación de agua en ríos por medio del Modelo de Elevación Digital. Claro que este complemento solo determina la acumulación sin tomar en cuenta el nivel de intensidad de las lluvias. El área más afectada por parte de los ríos es al Oeste de La Antigua Guatemala, donde el Río Guacalate es contribuido por varios ríos de orden 1 y 2, y el Río Pensativo de orden 4. Es importante mencionar que el Río Pensativo se canalizó y fue drenado para pasar alrededor de la ciudad colonial, pero con una pendiente más suave, disminuyendo su velocidad y provocando desbordamiento por el aumento de la sección transversal del río. El DEM aún representa una acumulación de un flujo que atraviesa la ciudad colonial, explicando el ingreso de aguas fluviales provenientes del Río Pensativo y buscando la superficie más baja en La Antigua Guatemala (camino a Ciudad Vieja. Esta zona representa acumulación de agua por ríos, además de la precipitación y escorrentía por parte de las lluvias. Otra zona vulnerable se representa al Norte de San Miguel Dueñas, donde el Río Guacalate ingresa entre la franja de los volcanes Agua y Fuego.

Figura 60. Acumulación de agua en ríos por medio de GRASS



7. Deslizamientos en la cuenca del Río Guacalate. De igual metodología con el mapa de inundaciones, se realizó el dibujo buscando cubrir todos los pixeles sin importar la escala y determinar el área de zonas de deslizamientos dentro de la cuenca. Se observa que estas zonas se ubican en montañas, cerros y volcanes, donde se eleva la superficie y este representa peligro a los siguientes poblados:

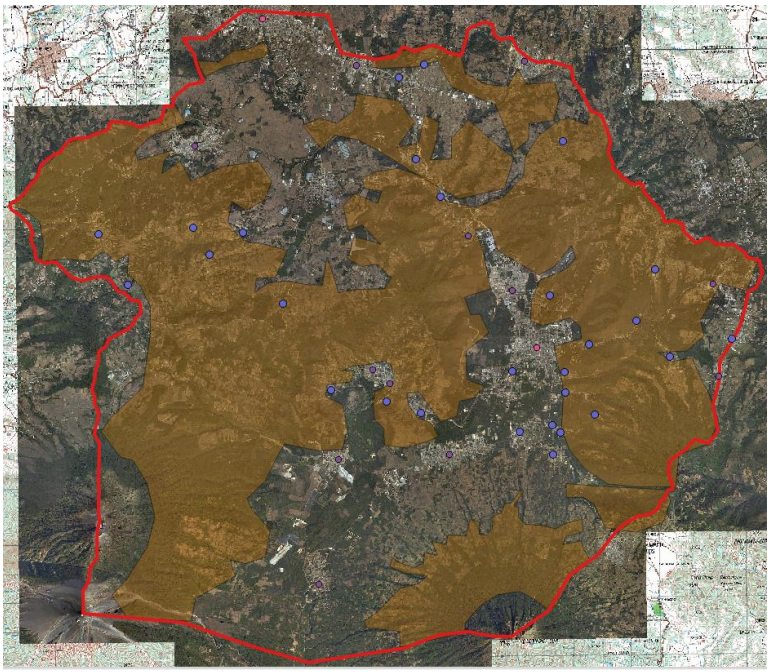
En las cabeceras municipales:

- Santa Lucía Milpas Altas
- Pastores
- San Antonio Aguas Calientes

En las aldeas:

- Chicasanga
- Xeparquiy
- Parrojas
- Pampay
- San Andrés Ceballos
- San Luis Las Carretas
- San Lorenzo El Tejar
- El Rejón
- San Felipe de Jesús
- Santa Inés del Monte Pulciano
- San Mateo Milpas Altas
- San Juan Gascón
- Santa Ana
- San Cristóbal El Bajo
- San Cristóbal El Alto

Figura 61. Deslizamientos en la cuenca del río Guacalate con Mapa de CONRED



Cuadro 37. Área de deslizamiento dentro de la cuenca del río Guacalate

Área de deslizamiento dentro de la cuenca	
Color	**Area (km2)**
	237.36

El área total de la zona de deslizamiento es de 237.36 km2, representando un 58.41% del área de la cuenca. Se delimitó muy conservadoramente el dibujo de los deslizamientos donde cimas de montañas son planas y no represente peligro de deslizamiento, pero se incluyó dentro de la zona para garantizar que esta es vulnerable a un evento extremo como movimientos telúricos fuertes o erosiones por parte del viento.

Si uno combina las capas de inundación y deslizamiento, se aprecia que las inundaciones abarcan las zonas bajas y deslizamientos se localizan en las elevaciones, tomando en cuenta que no se interceptan entre ellas y obteniendo un área total de 268.36 km2 por parte de las dos zonas de peligro. Esta área representa un 66.4%, donde se ubican la mayoría de los poblados tanto del departamento de Sacatepéquez como el de Chimaltenango.

8. Análisis del agua del Río Guacalate

Cuadro 38. Estado del agua en el río Guacalate en el municipio de Alotenango, Sacatepéquez

INFORME DE RESULTADOS

Cliente **RIO GUACALATE**
Dirección **CIUDAD, GUATEMALA**
Fecha Ingreso **28/09/2017**
Hora Ingreso **13:26:00**
Numero Informe **1**
Fecha Emisión **12/10/2017**
Hora Emisión **10:11:00**
Res. Muestreo **Cliente**
Numero Orden **2017003587**

Muestra **(132473) Agua de río Guacalate.**
Observaciones **Fecha: 28/09/2017.**

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	LMP	LMA	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Fisicoquímico de agua							
Calcio	**32.64**	mg/L	1	150.0	75.0	Metales AA PC-FQ-022	28/09/2017
Cloro residual libre	**0.18**	mg/L	0.01	1.00	0.5	Espectrofotométrico	28/09/2017
Cloruros	**30**	mg/L	2	250	100	Espectrofotométrico	28/09/2017
Color	**66**	µS/cm	0.01	1500	750	Conductimétrico	28/09/2017
Conductividad	**484**	µS/cm	0.01	1500	750	Conductimétrico	28/09/2017
Dureza	**142.53**	mg CaCO3/L	2	500	100	SMWW 22ed 2340C	28/09/2017
Hierro	**ND**	mg/L	0.02	-	0.3	Metales AA PC-FQ-022	28/09/2017
Magnesio	**6.49**	mg/L	0.1	100	50	Metales AA PC-FQ-022	28/09/2017
Manganeso	**ND**	mg/L	0.002	0.4	0.1	Metales AA PC-FQ-022	28/09/2017
Nitratos	**ND**	mg/L	0.2	50	-	Espectrofotométrico	28/09/2017
Nitritos	**0.21**	mg/L	0.03	3.0	-	Espectrofotométrico	28/09/2017
pH	**7.50**	No Aplica	0.02	6.5 - 8.5	7.0 -7.5	Potenciométrico	28/09/2017
Sulfatos	**ND**	mg/L	5	250	100	Espectrofotométrico	28/09/2017
Turbiedad	**7**	UNT	5	15	5	Espectrofotométrico	28/09/2017
Microbiología agua							
E. coli	**Positivo**	Neg./Pos.	No Aplica	NA	NA	Standard Methods 22ed 9223	28/09/2017
Recuento Aerobico Total	**>5,700**	UFC/mL	<1	NA	NA	Standard Methods 22ed 9215	28/09/2017
Recuento de Coliformes Fecales	**>23**	NMP/100mL	<1.1	NA	NA	Standard Methods 22ed 9221	28/09/2017
Recuento de Coliformes Totales	**>23**	NMP/100mL	<1.1	NA	NA	Standard Methods 22ed 9221	28/09/2017

Ultima Línea **
LD: Límite Detección **LMP: Límite Máximo Permitido** **LMA: Límite Máximo Aceptable**

Según el Cuadro 38, el principal problema de contaminación es por todas las aguas residuales proveniente de los drenajes sanitarios de todos los poblados situados en la cercanía del Río Guacalate. El análisis fisicoquímico demuestra que algunas sustancias tóxicas y metales pesados fueron detectados, pero por debajo de los límites aceptables, excepto por el potencial de hidrógeno, reconociendo que el agua del río es un poco ácida. Sin embargo, el análisis micro bacteriológico revela una alta concentración de bacterias coliforme, originarios de desechos fecales por parte de los humanos y los animales de sangre caliente. La contaminación del Río Achiguate es tan alta por parte de los drenajes sanitarios, ya que no hay ningún tratamiento previo a la descarga por parte de la tubería sanitaria al afluente principal. Es tan fácil observar miles de tuberías instaladas para descargar en el río, sin pasar por un tratamiento y como este cuerpo de agua es un ejemplo de muchos sobre la alta contaminación que provocan los poblados día a día.

B. Agua potable

En los siguientes resultados, las abreviaciones son:

- NA: No aplica.
- NV: No visto. Estos datos no fueron vistos debido a que no fueron visitados los puntos. Se puede deber también a que cuando se hizo la visita no se pudo observar por un obstáculo físico.
- NM: No medible. Principalmente son datos que no fueron tomados por errores de logística, conocimiento de las entidades responsables o falta de cooperación. La mayoría de estos datos fueron producto de falta de llaves para falta de llaves para entrar a la propiedad, falta de información del Departamento de Aguas, falta de recursos para realizar una estimación razonable o una circunstancia o característica física que imposibilita una medición.

1. Características de los pozos

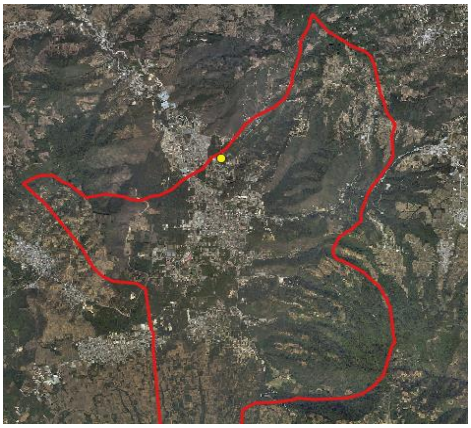
Cuadro 39. Características del pozo Pila Colorada

Ciudad o Aldea	San Felipe de Jesús	Departamento	Sacatepéquez
Población	6410	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Enrique Chicas
Nombre	Pila Colorada	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	115	Latitud	14.57444444
Potencia (HP)	15	Longitud	-90.73322222
Presión (psi)	50	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	19	Northing	1612475.216
M. línea de entrada	HG	Easting	744226.8144
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1545
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	2	Nivel estático (m)	66
Imágenes		Nivel dinámico (m)	108
		Observaciones	
		Señales de humedad en el cuarto con el tablero eléctrico. Tablero eléctrico antiguo sigue presente. Tapaderas de concreto demasiado pesadas, de 15 cm de espesor.	
		Ubicación geográfica	









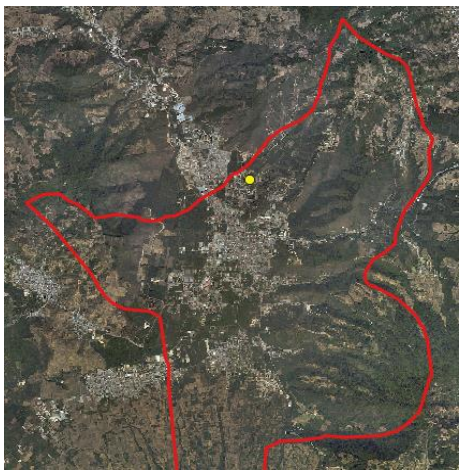
Cuadro 40. Características del pozo El Llano

Ciudad o Aldea	San Felipe de Jesús	Departamento	Sacatepéquez
Población	6410	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Enrique Chicas
Nombre	El Llano	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	66	Latitud	14.57344444
Potencia (HP)	25	Longitud	-90.73144444
Presión (psi)	NV	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	13	Northing	1612366.449
M. línea de entrada	HG	Easting	744419.5467
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1548
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque El Llano
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	60
Imágenes		Nivel dinámico (m)	314
		Observaciones	
		Bomba antigua sigue en la estación de bombeo. Puerta del cuarto eléctrico no tiene chapa.	
		Ubicación geográfica	







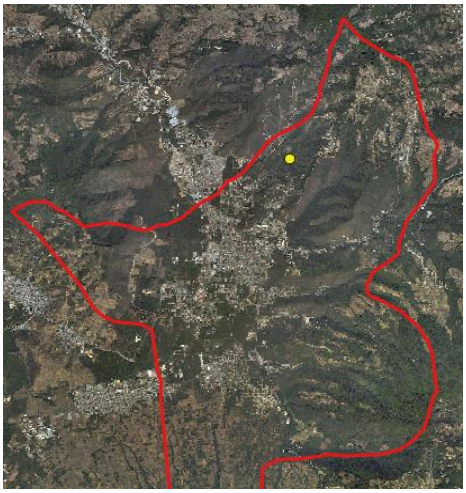


Cuadro 41. Características del pozo El Guayabal

Ciudad o Aldea	El Guayabal	Departamento	Sacatepéquez
Población	628	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	El Guayabal	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	89	Latitud	14.57977778
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.72152778
Presión (psi)	320	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	13	Northing	1613078.089
M. línea de entrada	HG	Easting	745481.4667
M. línea de impulsión	HG-PVC	Altitud (m)	1608
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Rebombeo El Hato 1
D. línea de impulsión (pulg)	3	Nivel estático (m)	90
Imágenes		Nivel dinámico (m)	255
		Observaciones	
		Ubicación geográfica	







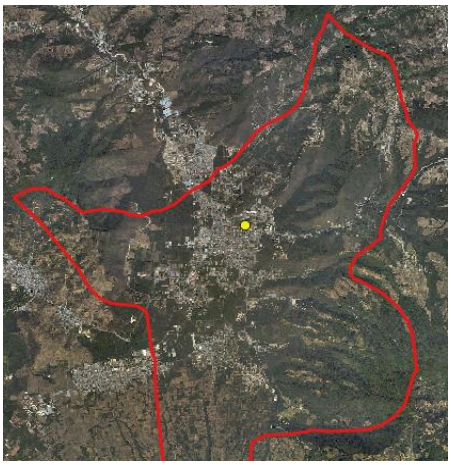
Cuadro 42. Características del pozo Santa Rosa

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Manuel
Nombre	Santa Rosa	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	846	Latitud	14.56072222
Potencia (HP)	100	Longitud	-90.72944444
Presión (psi)	75	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	20	Northing	1610960.546
M. línea de entrada	HG	Easting	744649.1723
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1543
D. línea de entrada (pulg)	8	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	8	Nivel estático (m)	55
Imágenes		Nivel dinámico (m)	98
		Observaciones	
		Fuga de gran caudal. Equipo de cloración no funciona. Sistema de ventilación no funciona.	
		Ubicación geográfica	









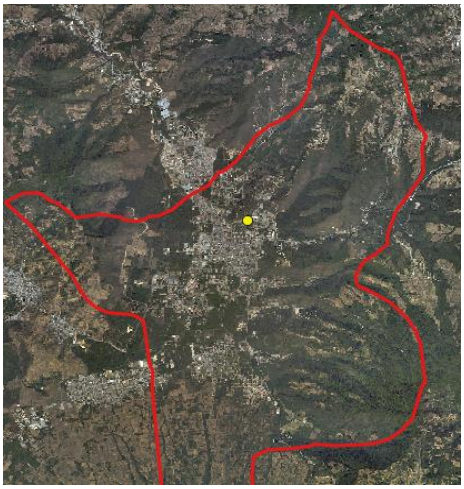
Cuadro 43. Características del pozo Candelaria 2

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	Candelaria 2	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	215	Latitud	14.56316667
Potencia (HP)	100	Longitud	-90.72913333
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	12	Northing	1611231.424
M. línea de entrada	HG	Easting	744680.0121
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1548
D. línea de entrada (pulg)	6	Destino	Tanque Candelaria y Red
D. línea de impulsión (pulg)	6	Nivel estático (m)	40
Imágenes		Nivel dinámico (m)	387
		Observaciones	
		Manómetro no funciona. Fuga ocasiona acumulación de agua de 10 cm de profundidad aproximadamente. El cableado eléctrico se encuentra dentro del agua producto de la fuga.	
		Ubicación geográfica	









Cuadro 44.Características del pozo Candelaria 1

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	Candelaria 1	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	204	Latitud	14.56336111
Potencia (HP)	25	Longitud	-90.72915
Presión (psi)	70	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	14	Northing	1611252.926
M. línea de entrada	HG	Easting	744678.0009
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1548
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	40
Imágenes		Nivel dinámico (m)	100
		Observaciones	
		Señales de alta humedad cerca del tablero eléctrico.	
		Ubicación geográfica	







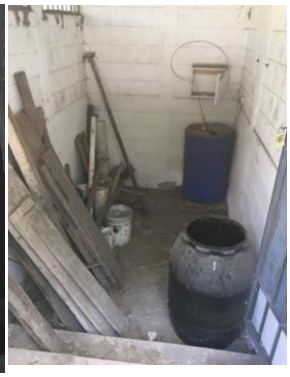


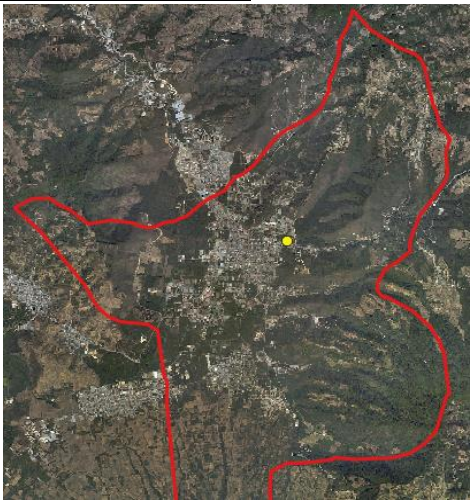
Cuadro 45. Características del pozo La Chácara

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Manuel
Nombre	La Chácara	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	166	Latitud	14.55986111
Potencia (HP)	100	Longitud	-90.72425
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	7	Northing	1610870.831
M. línea de entrada	HG	Easting	745210.077
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1552
D. línea de entrada (pulg)	6	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	6	Nivel estático (m)	240
Imágenes		Nivel dinámico (m)	500
		Observaciones	
		Equipo de cloración no funciona.	
		Ubicación geográfica	









Cuadro 46. Características del pozo Santa Ana

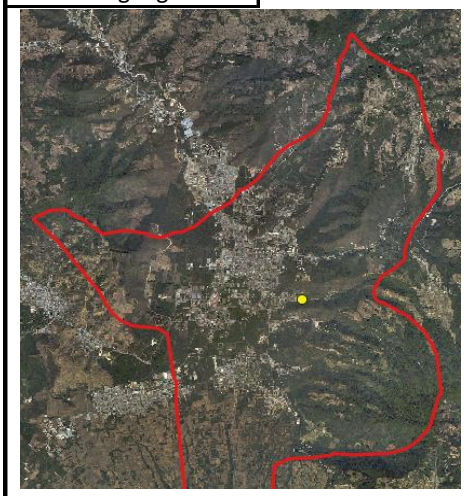
Ciudad o Aldea	Santa Ana	Departamento	Sacatepéquez
Población	1473	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Oswaldo Pineda
Nombre	Santa Ana	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	113	Latitud	14.54783333
Potencia (HP)	25	Longitud	-90.72125
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	13	Northing	1609542.865
M. línea de entrada	HG	Easting	745546.7856
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1565
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque Santa Ana
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	80
Imágenes		Nivel dinámico (m)	180
		Observaciones	
		No tiene manómetro. Muro perimetral incompleto por lo que aunque se tenga cerrado con candado la puerta principal cualquiera puede entrar fácilmente.	
		Ubicación geográfica	











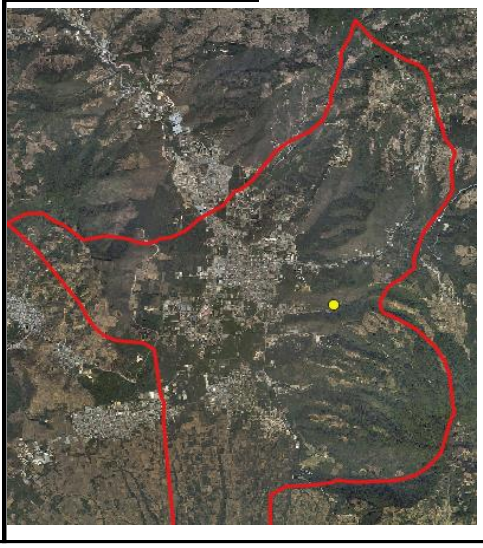
Cuadro 47. Características del pozo Hermano Pedro

Ciudad o Aldea	Col. Hermano Pedro	Departamento	Sacatepéquez
Población	1046	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Manuel
Nombre	Hermano Pedro	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	60	Latitud	14.54925
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.71419444
Presión (psi)	220	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	13	Northing	1609707.276
M. línea de entrada	HG	Easting	746305.8393
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1594
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Tanque Hno. Pedro
D. línea de impulsión (pulg)	2	Nivel estático (m)	90
Imágenes		Nivel dinámico (m)	413
		Observaciones	
		Altos niveles de corrosión.	
		Ubicación geográfica	









Cuadro 48. Características del pozo San Cristóbal El Bajo

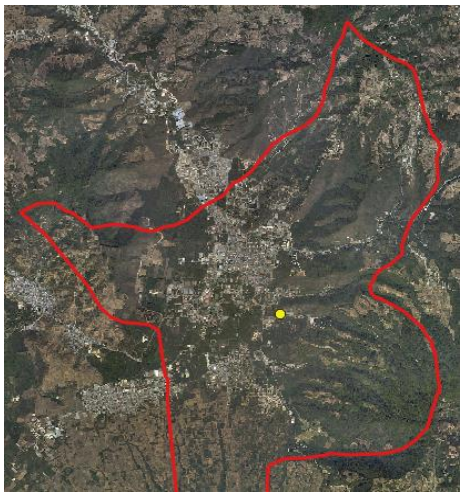
Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Bajo	Departamento	Sacatepéquez
Población	981	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Guillermo Mendoza
Nombre	San Cristóbal El Bajo	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	104	Latitud	14.54319444
Potencia (HP)	25	Longitud	-90.72513889
Presión (psi)	150	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	14	Northing	1609025.259
M. línea de entrada	HG	Easting	745132.6667
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1544
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	85
Imágenes		Nivel dinámico (m)	200
		Observaciones	







Ubicación geográfica



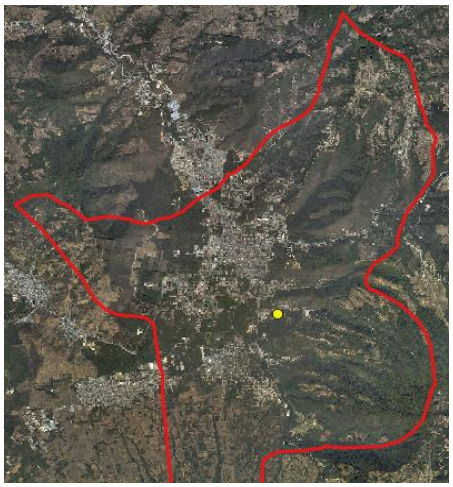
Cuadro 49. Características del pozo San Cristóbal El Alto

Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Bajo	Departamento	Sacatepéquez
Población	981	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Hugo Pereira
Nombre	San Cristóbal El Alto	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	165	Latitud	14.54161111
Potencia (HP)	40	Longitud	-90.72455556
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	15	Northing	1608850.648
M. línea de entrada	HG	Easting	745197.3026
M. línea de impulsión	HG	Altitud (m)	1542
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Rebombeo S. C. A.
D. línea de impulsión (pulg)	6	Nivel estático (m)	85
Imágenes		Nivel dinámico (m)	200
		Observaciones	
		No tiene manómetro.	
		Ubicación geográfica	









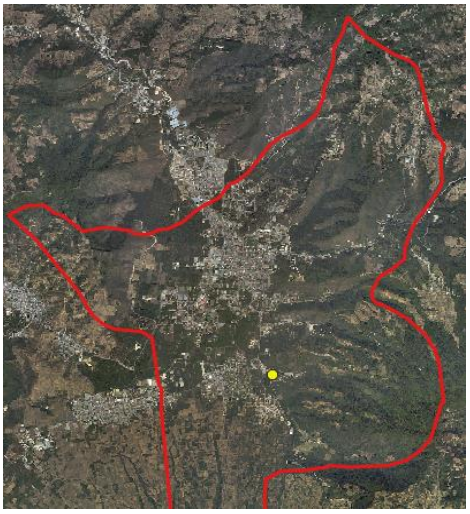
Cuadro 50. Características del pozo Santa Catarina Bobadilla

Ciudad o Aldea	Sta. Catarina Bobadilla	Departamento	Sacatepéquez
Población	844	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	Sta. Catarina Bobadilla	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	190	Latitud	14.53091667
Potencia (HP)	50	Longitud	-90.72663889
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	Guarda Nivel	Northing	1607664.782
M. línea de entrada	HG	Easting	744984.4969
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1562
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque Sta. C. B.
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	60
Imágenes		Nivel dinámico (m)	200
		Observaciones	
		Bomba antigua sigue dentro de la estación de bombeo. Señales de humedad cerca del tablero eléctrico.	
		Ubicación geográfica	









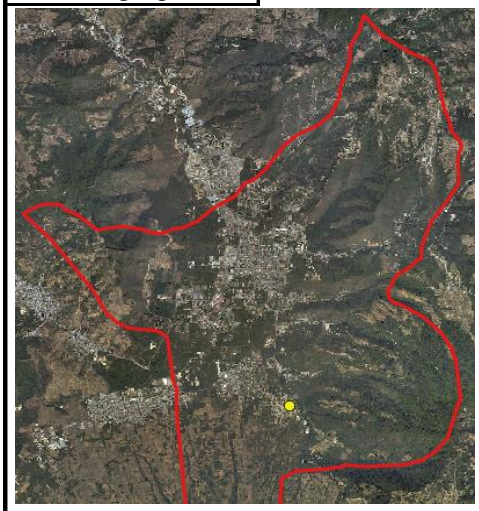
Cuadro 51. Características del pozo San Juan el Obispo 1 La Cuchilla

Ciudad o Aldea	San Juan el Obispo	Departamento	Sacatepéquez
Población	4868	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Luis Jolón
Nombre	S. Juan el Obispo 1 La Cuchilla	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	121	Latitud	14.52366667
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.72630556
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	12	Northing	1606862.734
M. línea de entrada	HG	Easting	745028.4261
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1606
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	2	Nivel estático (m)	60
Imágenes		Nivel dinámico (m)	200
		Observaciones	
		Manómetro no funciona. Altos niveles de corrosión en la tubería y tapadera.	
		Ubicación geográfica	





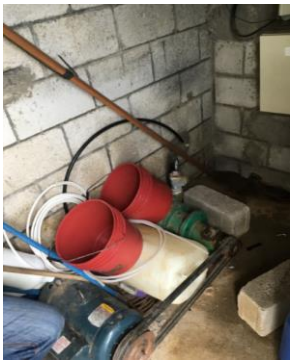


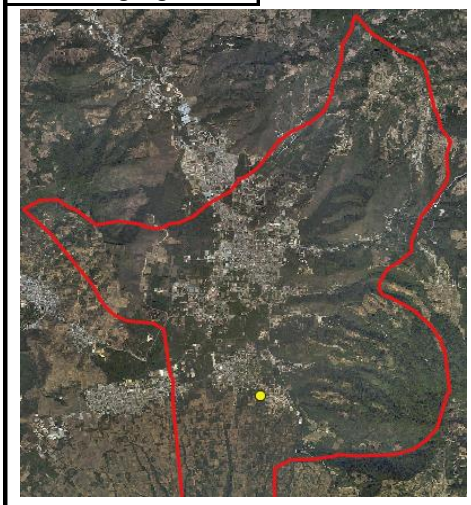


Cuadro 52. Características del pozo San Juan el Obispo 2 Cementerio

Ciudad o Aldea	San Juan el Obispo	Departamento	Sacatepéquez
Población	4868	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	S. Juan el Obispo 2 Cementerio	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	209	Latitud	14.52388889
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.73163889
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	14	Northing	1606881.608
M. línea de entrada	HG	Easting	744453.1618
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1601
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Tanque Sn. J. O. 2
D. línea de impulsión (pulg)	3	Nivel estático (m)	NM
Imágenes		Nivel dinámico (m)	NM
		Observaciones	
		Fuga de gran caudal que cae al tanque San Juan el Obispo 1. No hay manómetro. Llave de paso no tiene corona.	
		Ubicación geográfica	



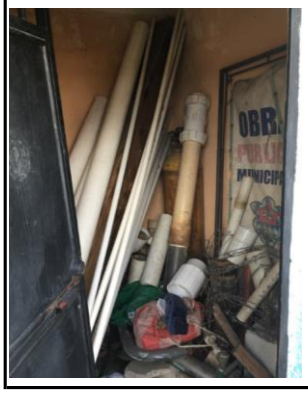




Cuadro 53. Características del pozo San Pedro Las Huertas

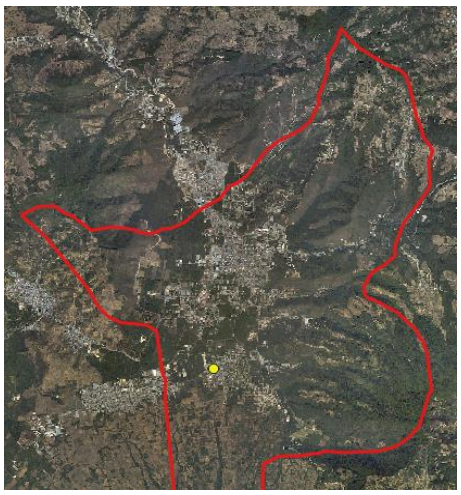
Ciudad o Aldea	San Pedro Las Huertas	Departamento	Sacatepéquez
Población	1155	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Salomon Lopez
Nombre	San Pedro Las Huertas	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	125	Latitud	14.53041667
Potencia (HP)	60	Longitud	-90.73994444
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	23	Northing	1607595.192
M. línea de entrada	HG	Easting	743550.5404
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1528
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque Sn. P. Las Huertas
D. línea de impulsión (pulg)	5	Nivel estático (m)	40
Imágenes		Nivel dinámico (m)	394
		Observaciones	







Ubicación geográfica



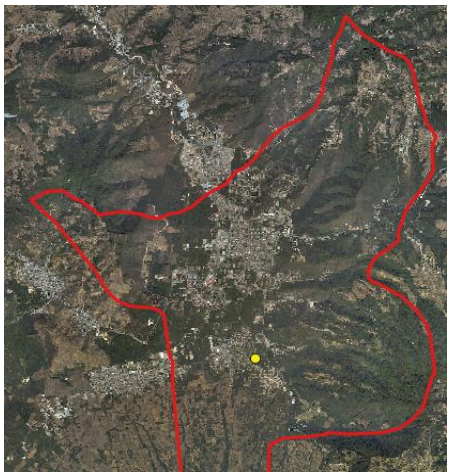
Cuadro 54. Características del pozo San Pedro El Alto

Ciudad o Aldea	San Pedro El Alto	Departamento	Sacatepéquez
Población	520	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Salomon Lopez
Nombre	San Pedro El Alto	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	158	Latitud	14.52855556
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.73158333
Presión (psi)	120	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	12	Northing	1607398.157
M. línea de entrada	HG	Easting	744454.0199
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1554
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque San Pedro El Alto
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	80
Imágenes		Nivel dinámico (m)	150
		Observaciones	
		Agua de lluvia ingresa a la caja con el tablero eléctrico ya que está expuesta a la interperie. Caseta con el equipo de cloración en abandono. La cloración ahora se lleva a cabo en el tanque de distribución.	
		Ubicación geográfica	

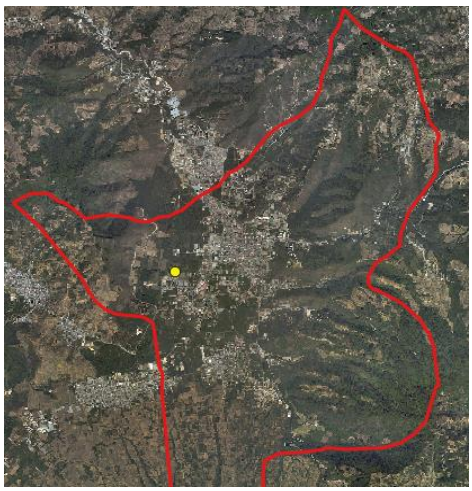








Cuadro 55. Características del pozo San Bartolomé Plazuela

Ciudad o Aldea	San Bartolomé Becerra	Departamento	Sacatepéquez
Población	2996	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Hugo Pereira
Nombre	San Bartolomé Plazuela	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	160	Latitud	14.55158333
Potencia (HP)	10	Longitud	-90.74830556
Presión (psi)	NV	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	8	Northing	1609928.905
M. línea de entrada	HG	Easting	742625.9856
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1523
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	3	Nivel estático (m)	NM
Imágenes		Nivel dinámico (m)	NM
		Observaciones	
		No se encuentra en operación debido a contaminación por hierro.	
NO HAY IMÁGENES		Ubicación geográfica	
			

Cuadro 56. Características del pozo Parque La Unión

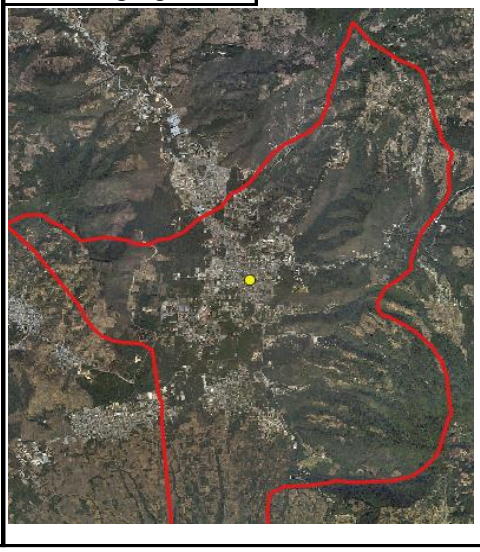
Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre	Parque La Unión	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	242	Latitud	14.55516667
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.73208333
Presión (psi)	60	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	24	Northing	1610342.842
M. línea de entrada	HG	Easting	744370.8259
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1535
D. línea de entrada (pulg)	3	Destino	Red
D. línea de impulsión (pulg)	8	Nivel estático (m)	40
Imágenes		Nivel dinámico (m)	90
		Observaciones	







Ubicación geográfica

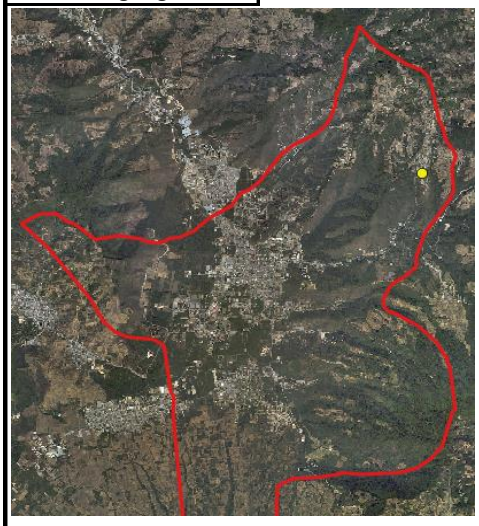


Cuadro 57. Características del pozo San Mateo Milpas Altas

Ciudad o Aldea	San Mateo Milpas Altas	Departamento	Sacatepéquez
Población	2447	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Lauriano
Nombre	San Mateo Milpas Altas	Coordenadas WGS 84	
Caudal (Gl/min)	82	Latitud	14.57886111
Potencia (HP)	30	Longitud	-90.69519444
Presión (psi)	NM	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	12	Northing	1613005.238
M. línea de entrada	HG	Easting	748320.9723
M. línea de impulsión	PVC	Altitud (m)	1922
D. línea de entrada (pulg)	4	Destino	Tanque San Mateo M.A.
D. línea de impulsión (pulg)	4	Nivel estático (m)	NM
Imágenes		Nivel dinámico (m)	NM
		Observaciones	
		Manómetro no funciona. Mala protección de las tuberías. No hay corona para llave de paso.	
		Ubicación geográfica	







2. Resumen de las características de los pozos

Cuadro 58. Datos para cálculo de caudales de pozos

ID	Nombre	Caudal (Gl/min)	Caudal (l/s)	Potencia (hp)	D. Impulsión (pulg)	D. Impulsión (m)	Longitud (m)
1	Pila Colorada	114.60	7.23	15	4	0.101626016	0
2	San Felipe el Llano	65.99	4.16	25	4	0.101626016	361
3	El Guayabal / El Hato	88.47	5.58	30	3	0.076219512	1168
4	Santa Rosa	845.53	53.34	100	8	0.203252033	0
5	Candelaria II	214.82	13.55	100	6	0.152439024	0
6	Candelaria I	203.06	12.81	25	4	0.101626016	0
7	La Chácara	166.45	10.50	100	6	0.152439024	0
8	Santa Ana	112.35	7.09	25	4	0.101626016	630
9	Col. Hno Pedro	57.79	3.65	30	3	0.076219512	258
10	Sn. Cristóbal El Bajo	104.03	6.56	25	3	0.076219512	0
11	Sn. Cristóbal El Alto	165.09	10.41	40	4	0.101626016	706
12	Sta. Catarina Bobadilla	187.53	11.83	50	4	0.101626016	960
13	La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	120.98	7.63	30	3	0.076219512	0
14	Sn. Juan el Obispo 2	202.81	12.79	30	3	0.076219512	405
15	Sn. Pedro Las Huertas	125.33	7.91	60	4	0.101626016	905
16	Sn. Pedro El Alto	156.73	9.89	30	4	0.101626016	504
17	Sn. Bartolomé Plazuela	158.31	9.99	10	3	0.076219512	0
18	Parque La Unión	238.62	15.05	30	3	0.076219512	0
19	Sn. Mateo M.A.	81.89	5.17	30	4	0.101626016	612

Cuadro 59. Datos para cálculo de caudales de pozos (continuación)

ID	Nombre	D. salida (pulg)	hfi (m)	hfc (m)	hL (m)	ND (m)	ADT (m)
1	Pila Colorada	2	0.71	0.00	0.11	108	108.81
2	San Felipe el Llano	4	0.13	0.84	0.14	314	315.11
3	El Guayabal / El Hato	3	1.79	19.25	3.16	255	279.20
4	Santa Rosa	8	0.32	0.00	0.05	98	98.37
5	Candelaria II	6	0.31	0.00	0.05	387	387.36
6	Candelaria I	4	1.87	0.00	0.28	100	102.15
7	La Chácara	6	0.00	0.00	0.00	500	500.00
8	Santa Ana	4	0.00	3.94	0.59	180	184.53
9	Col. Hno Pedro	2	0.92	15.74	2.50	413	432.16
10	Sn. Cristóbal El Bajo	4	0.00	0.00	0.00	200	200.00
11	Sn. Cristóbal El Alto	6	0.00	1.25	0.19	200	201.43
12	Sta. Catarina Bobadilla	4	1.19	15.73	2.54	200	219.46
13	La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	2	4.84	0.00	0.73	200	205.57
14	Sn. Juan el Obispo 2	3	8.70	32.39	6.16	72	119.26
15	Sn. Pedro Las Huertas	5	1.04	2.33	0.51	394	397.88
16	Sn. Pedro El Alto	4	1.27	5.87	1.07	150	158.21
17	Sn. Bartolomé Plazuela	3	3.51	0.00	0.53	48	52.04
18	Parque La Unión	8	11.38	0.00	1.71	90	103.09
19	Sn. Mateo M.A.	4	1.58	2.13	0.56	300	304.26

En los cuadros 58 y 59 se muestran los datos utilizados para las ecuaciones 5, 6 y 7 con el fin de calcular el caudal de cada pozo. En los pozos San Juan el Obispo 2, San Bartolomé Plazuela y San Mateo Milpas Altas no se tenían datos del nivel dinámico por lo que se utilizó la profundidad de la tubería como dato equivalente. Se observó que las pérdidas no son significativas a comparación del nivel dinámico del pozo.

Cuadro 60. Geoposicionamiento de pozos

			WGS 84		UTM	
ID	Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Northing	Easting
1	Pila Colorada	Z.1 San Felipe de Jesús	14.57444444	-90.73322222	1612475.216	744226.8144
2	San Felipe el Llano	Z.2 San Felipe de Jesús	14.57344444	-90.73144444	1612366.449	744419.5467
3	El Guayabal / El Hato	El Guayabal	14.57977778	-90.72152778	1613078.089	745481.4667
4	Santa Rosa	1ra Calle. 1ra Avenida. La Antigua Guatemala	14.56072222	-90.72944444	1610960.546	744649.1723
5	Candelaria II	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	14.56316667	-90.72913333	1611231.424	744680.0121
6	Candelaria I	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	14.56336111	-90.72915	1611252.926	744678.0009
7	La Chácara	Condomnio Las Gravileas. La Antigua Guatemala	14.55986111	-90.72425	1610870.831	745210.077
8	Santa Ana	Calle del Agua Sta. Ana	14.54783333	-90.72125	1609542.865	745546.7856
9	Hermano Pedro	Col. Hermano Pedro Sta. Ana	14.54925	-90.71419444	1609707.276	746305.8393
10	Sn. Cristóbal El Bajo	Sn. Cristóbal El Bajo	14.54319444	-90.72513889	1609025.3	745132.7
11	Sn. Cristóbal El Alto	Sn. Cristóbal El Bajo	14.54161111	-90.72455556	1608850.648	745197.3026
12	Sta. Catarina Bobadilla	Sta. Catarina Bobadilla	14.53091667	-90.72663889	1607664.782	744984.4969
13	Sn. Juan el Obispo 1 La Cuchilla	Sn. Juan del Obispo	14.52366667	-90.72630556	1606862.734	745028.4261
14	Sn. Juan el Obispo 2 Cementerio	Sn. Juan del Obispo	14.52388889	-90.73163889	1606881.6	744453.2
15	Sn. Pedro Las Huertas	Sn. Pedro Las Huertas	14.53041667	-90.73994444	1607595.2	743550.5
16	Sn. Pedro El Alto	Sn. Pedro El Alto	14.52855556	-90.73158333	1607398.2	744454.0
17	Sn. Bartolomé Plazuela	Sn. Bartolomé Becerra	14.55158333	-90.74830556	1609928.905	742625.9856
18	Parque La Unión	3ra Avenida. 6ta Calle. La Antigua Guatemala	14.55516667	-90.73208333	1610342.842	744370.8259
19	Sn. Mateo M.A.	San Mateo M.A.	14.57886111	-90.69519444	1613005.238	748320.9723

Cuadro 61. Características de pozos

ID	Nombre	Ubicación	Altitud (m)	Caudal (Gl/min)	Potencia (hp)	Presión (psi)	Horas servicio diario
1	Pila Colorada	Z.1 San Felipe de Jesús	1545	115	15	50	19
2	San Felipe el Llano	Z.2 San Felipe de Jesús	1548	66	25	NV	13
3	El Guayabal / El Hato	El Guayabal	1608	89	30	320	13
4	Santa Rosa	1ra Calle. 1ra Avenida. La Antigua Guatemala	1543	846	100	75	20
5	Candelaria II	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	1548	215	100	NM	12
6	Candelaria I	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	1548	204	25	70	14
7	La Chácara	Condomnio Las Gravileas. La Antigua Guatemala	1552	166	100	NM	7
8	Santa Ana	Calle del Agua Sta. Ana	1565	113	25	NM	13
9	Hermano Pedro	Col. Hermano Pedro Sta. Ana	1594	60	30	220	13
10	Sn. Cristóbal El Bajo	Sn. Cristóbal El Bajo	1544	104	25	150	14
11	Sn. Cristóbal El Alto	Sn. Cristóbal El Bajo	1542	165	40	NM	15
12	Sta. Catarina Bobadilla	Sta. Catarina Bobadilla	1562	190	50	NM	GN
13	Sn. Juan el Obispo 1 La Cuchilla	Sn. Juan del Obispo	1606	121	30	NM	12
14	Sn. Juan el Obispo 2 Cementerio	Sn. Juan del Obispo	1601	209	30	NM	14
15	Sn. Pedro Las Huertas	Sn. Pedro Las Huertas	1528	125	60	NM	23
16	Sn. Pedro El Alto	Sn. Pedro El Alto	1554	158	30	120	12
17	Sn. Bartolomé Plazuela	Sn. Bartolomé Becerra	1523	160	10	NV	8
18	Parque La Unión	3ra Avenida. 6ta Calle. La Antigua Guatemala	1535	242	30	60	24
19	Sn. Mateo M.A.	San Mateo M.A.	1922	82	30	NM	12

Cuadro 62. Características de pozos (continuación)

ID	Nombre	Profundidad (m)	Material entrada	Material impulsión	D. entrada (pulg)	D. impulsión (pulg)	Destino	Técnico	NE m	ND m
1	Pila Colorada	72	HG	PVC	4	2	Red	Enrique Chicas	66	108
2	San Felipe el Llano	36	HG	PVC	4	4	Tanque El Llano	Enrique Chicas	60	314
3	El Guayabal / El Hato	72	HG	PVC	3	3	Rebombeo Hato 1 / El Barranco	Alfonso Pichiya	90	255
4	Santa Rosa	24	HG	PVC	8	8	Red	Manuel	55	98
5	Candelaria II	72	HG	PVC	6	6	Tanque Candelaria y Red	Alfonso Pichiya	40	387
6	Candelaria I	66	HG	PVC	4	4	Red	Alfonso Pichiya	40	100
7	La Chácara	NM	HG	PVC	6	6	Red	Manuel	240	500
8	Santa Ana	NM	HG	PVC	4	4	Tanque Santa Ana	Oswaldo Pineda	80	180
9	Hermano Pedro	NM	HG	PVC	3	2	Tanque Hermano Pedro	Manuel	90	413
10	Sn. Cristóbal El Bajo	NM	HG	PVC	3	4	Red	Guillermo Mendoza	85	200
11	Sn. Cristóbal El Alto	NM	HG	HG	4	6	Rebombeo San Cristóbal El Alto	Hugo Pereira	85	200
12	Sta. Catarina Bobadilla	48	HG	PVC	4	4	Tanque Santa Catarina Bobadilla	Alfonso Pichiya	60	200
13	Sn. Juan el Obispo 1 La Cuchilla	110	HG	PVC	3	2	Red	Luis Jolón	60	200
14	Sn. Juan el Obispo 2 Cementerio	72	HG	PVC	3	3	Tanque San Juan el Obispo 2	Alfonso Pichiya	NM	NM
15	Sn. Pedro Las Huertas	90	HG	PVC	4	5	Tanque San Pedro Las Huertas	Salomon Lopez	40	394
16	Sn. Pedro El Alto	72	HG	PVC	4	4	Tanque San Pedro el Alto	Salomon Lopez	80	150
17	Sn. Bartolomé Plazuela	48	HG	PVC	3	3	Red	Hugo Pereira	NM	NM
18	Parque La Unión	72	HG	PVC	3	8	Red	Alfonso Pichiya	40	90
19	Sn. Mateo M.A.	300	HG	PVC	4	4	Tanque San Mateo Milpas Altas	Lauriano	NM	NM

3. Características de los tanques de distribución

Cuadro 63. Características del tanque Candelaria 2

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	El Cerro de la Cruz
Nombre	Candelaria 2	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	27.2	Latitud	14.56533333
Ancho (m)	5.15	Longitud	-90.72676667
Profundidad (m)	2	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	280.2	Northing	1611473.7698
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	744932.7381
Imágenes		Altitud (m)	1565
		Origen	Pozo Candelaria 2
		Destino	Tanque Guardianía y parte baja Z.5 de San Felipe - El Manchen
		Observaciones	Cableado eléctrico sin recubrimiento dentro del agua del tanque.
		Ubicación geográfica	







Cuadro 64. Características del tanque El Cerro La Guardianía

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	El Cerro de la Cruz
Nombre	El Cerro La Guardianía	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	18.7	Latitud	14.56686667
Ancho (m)	9.2	Longitud	-90.73038333
Profundidad (m)	2.1	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	361.3	Northing	1611639.5836
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	744541.1843
Imágenes		Altitud (m)	1665
		Origen	Tanque Candelaria 2
		Destino	La Aldea Guardianía El Hato
		Observaciones	
		Tiene un orificio donde pueden entrar contaminantes. Parece ser un respiradero roto.	
		Ubicación geográfica	





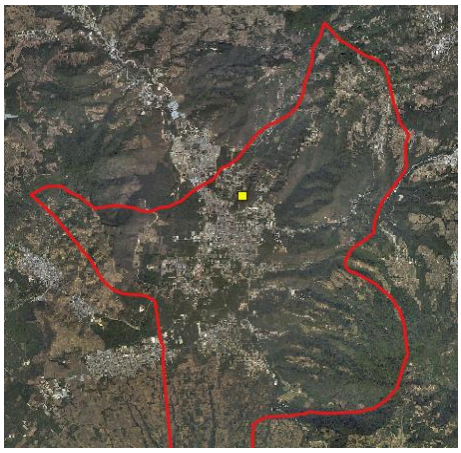


Cuadro 65. Características del tanque El Caballo

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	El Cerro de la Cruz
Nombre	El Caballo	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	3.9	Latitud	14.56716667
Ancho (m)	3.9	Longitud	-90.7305
Profundidad (m)	2	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	30.4	Northing	1611672.6612
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	744528.2773
Imágenes		Altitud (m)	1665
		Origen	
		Destino	San Felipe Z.5 parte alta
		Observaciones	
		Aún no se encuentra operando.	
		Ubicación geográfica	







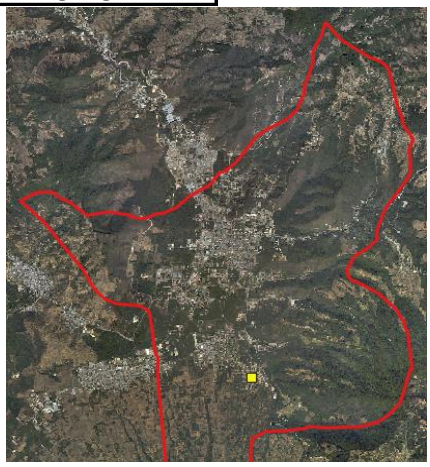
Cuadro 66. Características del tanque San Juan el Obispo 2 Cementerio

Ciudad o Aldea	San Juan el Obispo	Departamento	Sacatepéquez
Población	4868	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	San Juan el Obispo
Nombre	San Juan el Ob. 2 Cementerio	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	10.2	Latitud	14.52252778
Ancho (m)	5.2	Longitud	-90.72813889
Profundidad (m)	2.7	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	143.2	Northing	1606734.7179
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	744832.0168
Imágenes		Altitud (m)	1622
		Origen	Pozo San Juan el Obispo
		Destino	San Juan el Obispo parte alta
		Observaciones	
		Falta muro perimetral y puerta principal en mal estado.	
		Ubicación geográfica	









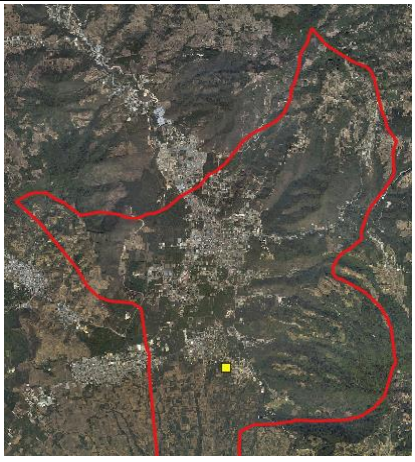
Cuadro 67. Características del tanque San Pedro el Alto

Ciudad o Aldea	San Juan el Obispo	Departamento	Sacatepéquez
Población	4868	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	San Juan el Obispo
Nombre	San Pedro el Alto	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	13	Latitud	14.524
Ancho (m)	10	Longitud	-90.73169444
Profundidad (m)	1.58	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	205.4	Northing	1606893.8457
V. T. Cloro (m^3)	1	Easting	744447.0499
Imágenes		Altitud (m)	1596
		Origen	Pozo San Pedro el Alto
		Destino	San Pedro el Alto
		Observaciones	
		Cae la fuga del pozo San Juan el Obispo. Tanque tiene fuga de gran caudal.	
		Ubicación geográfica	









Cuadro 68. Características del tanque San Juan el Obispo 1 Cementerio

Ciudad o Aldea	San Juan el Obispo	Departamento	Sacatepéquez
Población	4868	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	San Juan el Obispo
Nombre	San Juan el Ob. 1 Cementerio	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	10.05	Latitud	14.51969444
Ancho (m)	5.02	Longitud	-90.72913889
Profundidad (m)	2.67	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	134.7	Northing	1606420.0620
V. T. Cloro (m^3)	1.2	Easting	744727.3179
Imágenes		Altitud (m)	1661
		Origen	Pozo San Juan el Obispo 2
		Destino	San Juan el Obispo parte alta
		Observaciones	
		Ubicación geográfica	









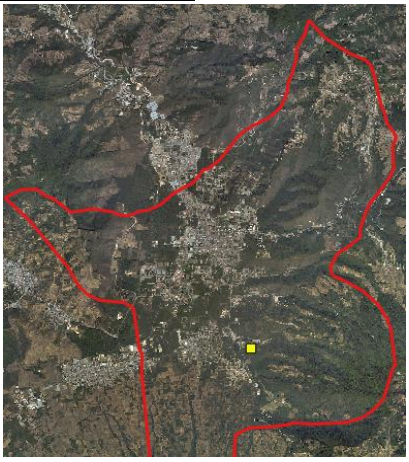
Cuadro 69. Características del tanque Santa Catarina Bobadilla

Ciudad o Aldea	Santa Catarina Bobadilla	Departamento	Sacatepéquez
Población	844	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Santa Catarina Bobadilla
Nombre	Santa Catarina Bobadilla	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	12.5	Latitud	14.52913889
Ancho (m)	8.2	Longitud	-90.72425
Profundidad (m)	2.9	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	297.3	Northing	1607470.5907
V. T. Cloro (m^3)	1.2	Easting	745244.0118
Imágenes		Altitud (m)	1582
		Origen	Pozo Sta. Catarina Bobadilla
		Destino	Santa Catarina Bobadilla y San Gaspar Vivar
		Observaciones	
		Fugas por fisuras en el tanque.	
		Ubicación geográfica	









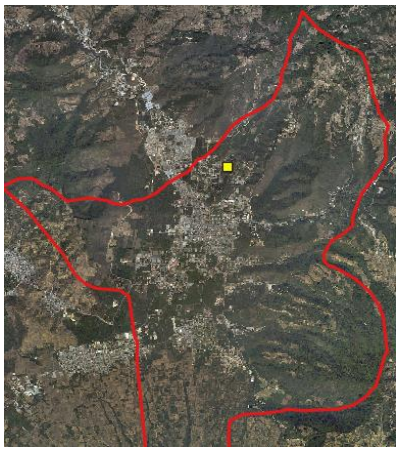
Cuadro 70. Características del tanque El Llano

Ciudad o Aldea	San Felipe de Jesús	Departamento	Sacatepéquez
Población	6410	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	Zona 3
Nombre	El Llano	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	18	Latitud	14.57283333
Ancho (m)	4	Longitud	-90.72816667
Profundidad (m)	3	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	216	Northing	1612302.3394
V. T. Cloro (m^3)	1.7	Easting	744773.5399
Imágenes		Altitud (m)	1598
		Origen	Pozo San Felipe El Llano
		Destino	Z. 5 San Felipe de Jesús
		Observaciones	Se clora desde el pozo. Ya no se utiliza el equipo de cloración del tanque ya que es de difícil acceso. Tapadera con mucha corrosión.
		Ubicación geográfica	







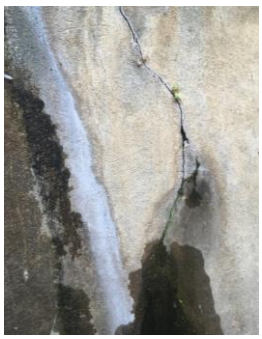


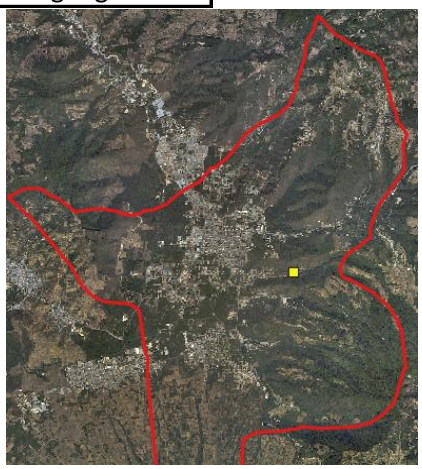
Cuadro 71. Características del tanque Santa Ana

Ciudad o Aldea	Col. Hno Pedro	Departamento	Sacatepéquez
Población	1046	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Calle del Agua
Nombre	Santa Ana	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	14.3	Latitud	14.54869444
Ancho (m)	6	Longitud	-90.7155
Profundidad (m)	2.7	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	231.7	Northing	1609644.3770
V. T. Cloro (m^3)	1.7	Easting	746165.7104
Imágenes		Altitud (m)	1586
		Origen	Pozo Santa Ana
		Destino	Santa Ana
		Observaciones	
		Fugas de gran número de grietas en el tanque.	
		Ubicación geográfica	









Cuadro 72. Características del tanque San Cristóbal El Alto

Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Alto	Departamento	Sacatepéquez
Población	356	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	San Cristóbal El Alto
Nombre	San Cristóbal El Alto	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	5.7	Latitud	14.53322222
Ancho (m)	5.7	Longitud	-90.70866667
Profundidad (m)	2.3	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	74.7	Northing	1607939.3398
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	746919.5826
Imágenes		Altitud (m)	1944
		Origen	Rebombeo Sn. C. Alto
		Destino	San Cristobal El Alto
		Observaciones	







Ubicación geográfica

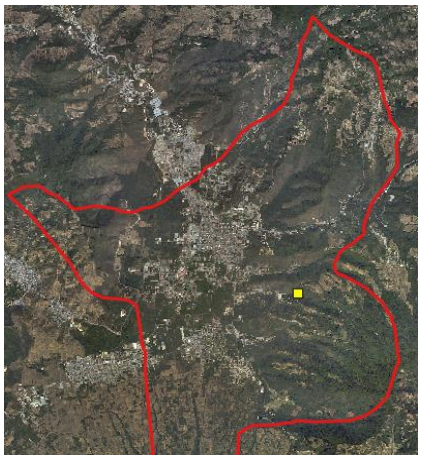


Cuadro 73. Características del tanque Finca El Pilar

Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Bajo	Departamento	Sacatepéquez
Población	981	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Finca El Pilar
Nombre	Finca El Pilar	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	5	Latitud	14.5425
Ancho (m)	2.1	Longitud	-90.71325
Profundidad (m)	2.5	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	26.3	Northing	1608961.2233
V. T. Cloro (m^3)	1	Easting	746415.1476
Imágenes		Altitud (m)	1623
		Origen	9 Nacimientos cercanos
		Destino	San Pedro Las Huertas
		Observaciones	Funciona también como galería de infiltración por la porosidad de sus muros posteriores. Posee muros gruesos de 40 cm.
		Ubicación geográfica	





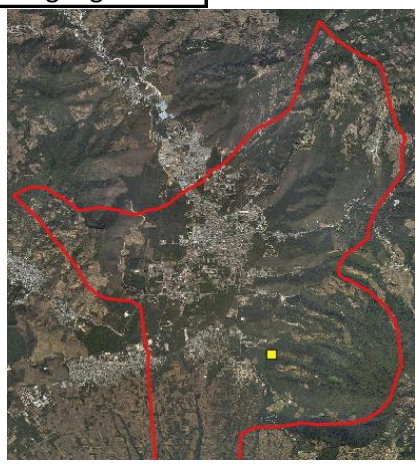


Cuadro 74. Características del tanque San Cristóbal El Bajo Rural

Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Bajo	Departamento	Sacatepéquez
Población	981	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	San Cristóbal El Bajo parte alta
Nombre	San Cristóbal El Bajo Rural	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	3.7	Latitud	14.52747222
Ancho (m)	3.4	Longitud	-90.72063889
Profundidad (m)	2.2	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	27.7	Northing	1607290.0152
V. T. Cloro (m^3)	2.4	Easting	745635.1821
Imágenes		Altitud (m)	1696
		Origen	Nacimientos Finca El Pilar
		Destino	La Hondonada
		Observaciones	
		Ubicación geográfica	





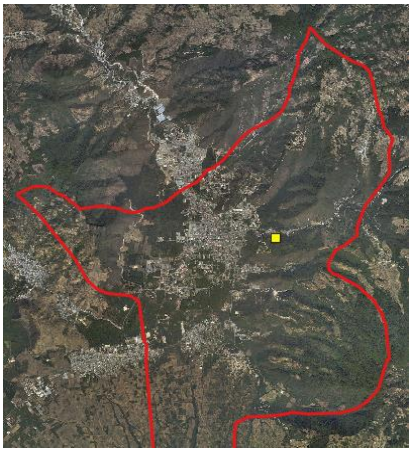


Cuadro 75. Características del tanque San Cristóbal Santa Inés

Ciudad o Aldea	Santa Inés	Departamento	Sacatepéquez
Población	1223	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Santa Inés
Nombre	Santa Inés	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	40	Latitud	14.55661111
Ancho (m)	12.8	Longitud	-90.71794444
Profundidad (m)	2.3	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	1177.6	Northing	1610517.9326
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	745893.4138
Imágenes		Altitud (m)	1591
		Origen	N. Cangrejal y túnel San Miguel
		Destino	Santa Inés
		Observaciones	
		Techo de lámina en malas condiciones.	
		Ubicación geográfica	





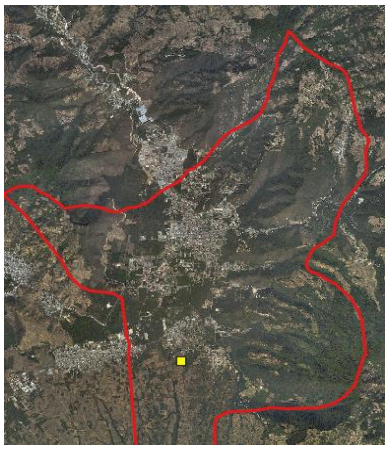


Cuadro 76. Características del tanque San Pedro Las Huertas

Ciudad o Aldea	San Pedro Las Huertas	Departamento	Sacatepéquez
Población	1155	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Col. Los Cerritos
Nombre	San Pedro Las Huertas	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	11.1	Latitud	14.52255556
Ancho (m)	8.7	Longitud	-90.73752778
Profundidad (m)	NV	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	NV	Northing	1606727.7386
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	743819.7087
Imágenes		Altitud (m)	1601
		Origen	Pozo San Pedro Las Huertas
		Destino	San Pedro Las Huertas
		Observaciones	
		Ubicación geográfica	







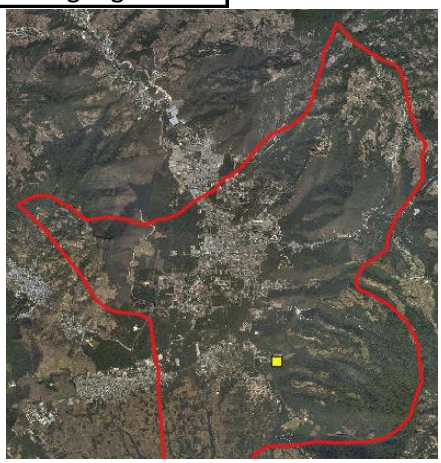
Cuadro 77. Características del tinaco Santa Catarina Bobadilla

Ciudad o Aldea	Santa Catarina Bobadilla	Departamento	Sacatepéquez
Población	1155	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Santa Catarina Bobadilla
Nombre	Tinaco Sta. Catarina Bobadilla	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	NM	Latitud	14.5295
Ancho (m)	NM	Longitud	-90.72319444
Profundidad (m)	NM	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	NM	Northing	1607511.6927
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	745357.4168
Imágenes		Altitud (m)	1613
		Origen	Tanque Sta. Catarina Bobadilla
		Destino	Santa Catarina Bobadilla parte alta
		Observaciones	





Ubicación geográfica



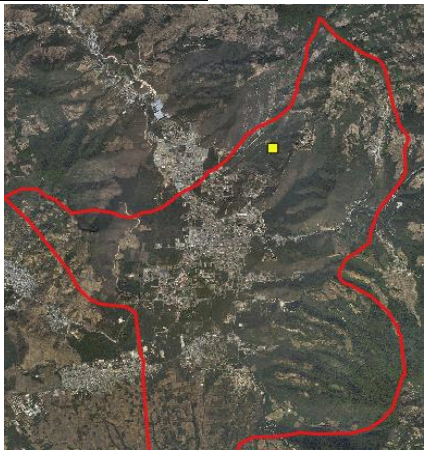
Cuadro 78. Características del tanque El Guayabal

Ciudad o Aldea	El Guayabal	Departamento	Sacatepéquez
Población	628	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	El Guayabal
Nombre	El Guayabal	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	10.6	Latitud	14.58038889
Ancho (m)	2.6	Longitud	-90.72038889
Profundidad (m)	1.75	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	48.2	Northing	1613146.9552
V. T. Cloro (m^3)	2.3	Easting	745603.5492
Imágenes		Altitud (m)	1627
		Origen	Nacimiento El Jutal
		Destino	El Guayabal
		Observaciones	
		Fuga en llave de paso. Tapadera del tanque en mal estado por alto nivel de corrosión.	
		Ubicación geográfica	







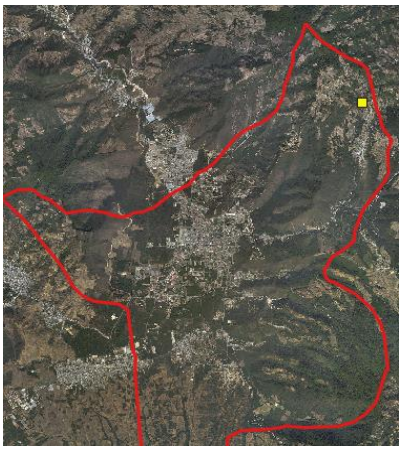


Cuadro 79. Características del tanque Buena Vista

Ciudad o Aldea	Buena Vista	Departamento	Sacatepéquez
Población	565	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Buena Vista
Nombre	Buena Vista	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	1	Latitud	14.59252778
Ancho (m)	1	Longitud	-90.69466667
Profundidad (m)	1.57	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	1.57	Northing	1614518.4313
V. T. Cloro (m^3)	1.57	Easting	748362.5274
Imágenes		Altitud (m)	2055
		Origen	Nacimientos Buena Vista
		Destino	Buena Vista
		Observaciones	



Ubicación geográfica



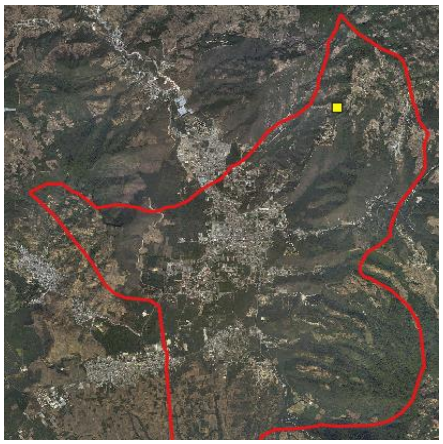
Cuadro 80. Características del tanque El Hato

Ciudad o Aldea	El Hato	Departamento	Sacatepéquez
Población	956	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	El Hato
Nombre	El Hato	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	8	Latitud	14.58944444
Ancho (m)	5	Longitud	-90.70961111
Profundidad (m)	2.6	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	104	Northing	1614160.8822
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	746755.1866
Imágenes		Altitud (m)	2115
		Origen	Rebombeo El Hato 2 El Tambor
		Destino	El Hato
		Observaciones	
		Llave de paso no tiene corona.	

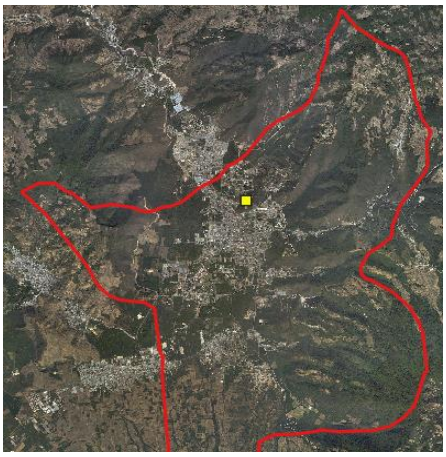




Ubicación geográfica



Cuadro 81. Características del tanque El Cristo

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Ubicación	Cerro de la Cruz
Nombre	El Cristo	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	NV	Latitud	14.56613951
Ancho (m)	NV	Longitud	-90.73162353
Profundidad (m)	NV	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	NV	Northing	1611558.8548
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	744408.3586
Imágenes		Altitud (m)	1653
		Origen	Tanque El Cerro La Guardianía
		Destino	Red
		Observaciones	
NO HAY IMÁGENES		Ubicación geográfica	

Cuadro 82. Características del tanque Colonia Hermano Pedro

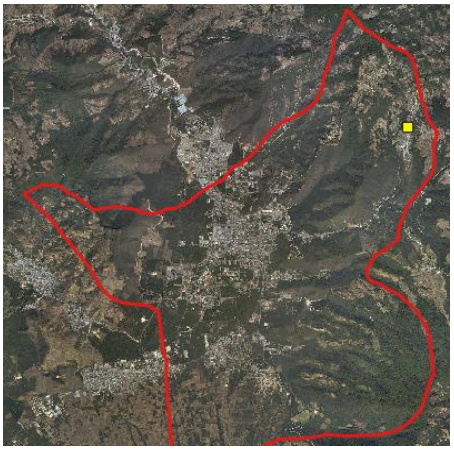
Ciudad o Aldea	Col. Hermano Pedro	Departamento	Sacatepéquez
Población	1046	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	Sector 1
Nombre	Col. Hermano Pedro	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	NV	Latitud	14.54729151
Ancho (m)	NV	Longitud	-90.71288667
Profundidad (m)	NV	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	NV	Northing	1609493.0316
V. T. Cloro (m^3)	NA	Easting	746449.0122
Imágenes		Altitud (m)	1714
		Origen	Pozo Col. Hermano Pedro
		Destino	Colonia Hermano Pedro
		Observaciones	
NO HAY IMÁGENES		Ubicación geográfica	

Cuadro 83. Características del tanque San Mateo Milpas Altas

Ciudad o Aldea	San Mateo Milpas Altas	Departamento	Sacatepéquez
Población	2447	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	San Mateo M.A.
Nombre	San Mateo Milpas Altas	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	10.2	Latitud	14.58438889
Ancho (m)	6.4	Longitud	-90.69455556
Profundidad (m)	NV	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	NV	Northing	1613617.7465
V. T. Cloro (m^3)	2.46	Easting	748383.638
Imágenes		Altitud (m)	1958
		Origen	Pozo San Mateo M.A.
		Destino	San Mateo M.A.
		Observaciones	
		Ubicación geográfica	







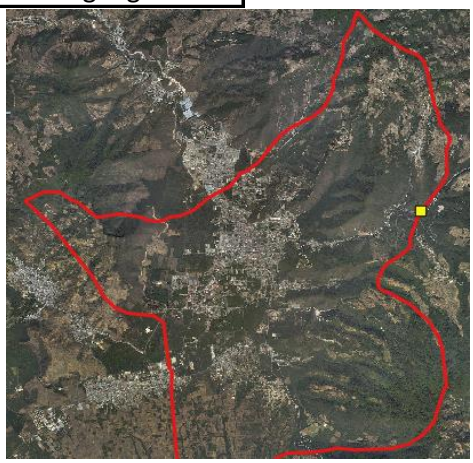
Cuadro 84. Características del tanque San Juan Gascón

Ciudad o Aldea	San Juan Gascón	Departamento	Sacatepéquez
Población	652	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Ubicación	San Juan Gascón
Nombre	San Juan Gascón	Coordenadas WGS 84	
Largo (m)	8.7	Latitud	14.56583333
Ancho (m)	5.3	Longitud	-90.69427778
Profundidad (m)	2.8	Coordenadas UTM	
Volumen (m^3)	129.1	Northing	1611564.3363
V. T. Cloro (m^3)	1.45	Easting	748434.3887
Imágenes		Altitud (m)	1693
		Origen	Nacimiento San José Las Cañas
		Destino	San Juan Gascón
		Observaciones	





Ubicación geográfica



4. Resumen de las características de los tanques de distribución

Cuadro 85. Geoposicionamiento de tanques de distribución

			WGS 84		UTM	
ID	Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Northing	Easting
1	Candelaria 2	El Cerro de la Cruz	14.56533333	-90.72676667	1611473.77	744932.7381
2	El Cerro / La Guardianía	El Cerro de la Cruz	14.56686667	-90.73038333	1611639.584	744541.1843
3	El Caballo	El Cerro de la Cruz	14.56716667	-90.7305	1611672.661	744528.2773
4	San Juan el Obispo / Cementerio 2	San Juan el Obispo	14.52252778	-90.72813889	1606734.718	744832.0168
5	San Pedro El Alto	San Juan el Obispo	14.524	-90.73169444	1606893.846	744447.0499
6	San Juan el Obispo / Cementerio 1	San Juan el Obispo	14.51969444	-90.72913889	1606420.062	744727.3179
7	Santa Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla	14.52913889	-90.72425	1607470.591	745244.0118
8	El Llano	Z.3 San Felipe de Jesús	14.57283333	-90.72816667	1612302.339	744773.5399
9	Santa Ana	Calle del Agua Col. Hno. Pedro	14.54869444	-90.7155	1609644.377	746165.7104
10	San Cristóbal El Alto	San Cristobal El Alto	14.53322222	-90.70866667	1607939.34	746919.5826
11	Finca El Pilar	San Cristobal El Bajo / Finca El Pilar	14.5425	-90.71325	1608961.223	746415.1476
12	San Cristóbal El Bajo Rural	Parte alta San Cristóbal el Bajo	14.52747222	-90.72063889	1607290.015	745635.1821
13	Santa Inés	Santa Inés	14.55661111	-90.71794444	1610517.933	745893.4138
14	San Pedro Las Huertas	Col. Los Cerritos San Pedro Las Huertas	14.52255556	-90.73752778	1606727.739	743819.7087
15	Tinaco Santa Catarina B.	Parte alta Sta. Catarina Bobadilla	14.5295	-90.72319444	1607511.693	745357.4168
16	El Guayabal	El Guayabal	14.58038889	-90.72038889	1613146.955	745603.5492
17	Buena Vista	Buena Vista	14.59252778	-90.69466667	1614518.431	748362.5274
18	El Hato	El Hato	14.58944444	-90.70961111	1614160.882	746755.1866
19	El Cristo	El Cerro de la Cruz	14.56613951	-90.73162353	1611558.855	744408.359
20	Colonia Hermano Pedro	Sec. 1 Col. Hermando Pedro	14.54729151	-90.71288667	1609493.032	746449.012
21	San Mateo M.A.	San Mateo M.A.	14.58438889	-90.69455556	1613617.746	748383.638
22	San Juan Gascón	San Juan Gascón	14.56583333	-90.69427778	1611564.336	748434.389

Cuadro 86. Características de los tanques de distribución

ID	Nombre	Altitud (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen m^3	V. Tanque Cloro m^3	Origen	Destino
1	Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	NA	Pozo Candelaria 2	Tanque La Guardianía / Parte Baja Z.5 San Felipe - El Manchen
2	El Cerro / La Guardianía	1665	18.70	9.20	2.10	361.3	NA	Tanque Candelaria 2	La Aldea Guardianía El Hato
3	El Caballo	1665	3.90	3.90	2.00	30.4	NA	No se encuentra operando	San Felipe Z.5 parte alta
4	San Juan el Obispo / Cementerio 2	1622	10.20	5.20	2.70	143.2	NA	Pozo San Juan el Obispo 2	San Juan el Obispo parte alta
5	San Pedro El Alto	1596	13.00	10.00	1.58	205.4	1.0	Pozo San Pedro el Alto	San Pedro El Alto
6	San Juan el Obispo / Cementerio 1	1661	10.05	5.02	2.67	134.7	1.2	Pozo San Juan el Obispo 2	San Juan el Obispo parte alta
7	Santa Catarina Bobadilla	1582	12.50	8.20	2.90	297.3	1.2	Pozo Santa Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla y San Gaspar Vivar
8	El Llano	1598	18.00	4.00	3.00	216.0	1.7	Pozo San Felipe El Llano	Z.5 San Felipe de Jesús
9	Santa Ana	1586	14.30	6.00	2.70	231.7	1.7	Pozo Santa Ana	Santa Ana
10	San Cristóbal El Alto	1944	5.70	5.70	2.30	74.7	NA	Rebombeo San C. El Alto	San Cristobal El Alto
11	Finca El Pilar	1623	5.00	2.10	2.50	26.3	1.0	9 Nacimientos cercanos	San Pedro Las Huertas
12	San Cristóbal El Bajo Rural	1696	3.70	3.40	2.20	27.7	2.4	Nacimientos Finca El Pilar	Hondonada
13	Santa Inés	1591	40.00	12.80	2.30	1177.6	NA	Nacimientos El Cangrejal y tunel	Santa Inés
14	San Pedro Las Huertas	1601	11.10	8.70	NV	NV	1.69	Pozo San Pedro Las Huertas	San Pedro Las Huertas
15	Tinaco Santa Catarina B.	1613	NM	NM	NM	NM	NA	Tanque Santa Catarina B.	Santa Catarina Bobadilla Parte Alta
16	El Guayabal	1627	10.60	2.60	1.75	48.2	2.3	Nacimiento El Jutal	El Guayabal
17	Buena Vista	2055	1.00	1.00	1.57	1.57	1.57	Nacimientos Buena Vista	Buena Vista
18	El Hato	2115	8.00	5.00	2.60	104	NA	Rebombeo El Hato 2	El Hato
19	El Cristo	1653	NV	NV	NV	NV	NA	El Cerro / La Guardianía	Red
20	Colonia Hermano Pedro	1714	NV	NV	NV	NV	NA	Pozo Col. Hno. Pedro	Col. Hno. Pedro
21	San Mateo M.A.	1958	10.20	6.40	NV	NV	2.46	Pozo San Mateo M.A.	San Mateo M.A.
22	San Juan Gascón	1693	8.70	5.30	2.80	129.1	1.45	Nacimiento San José Las Cañas	San Juan Gascón

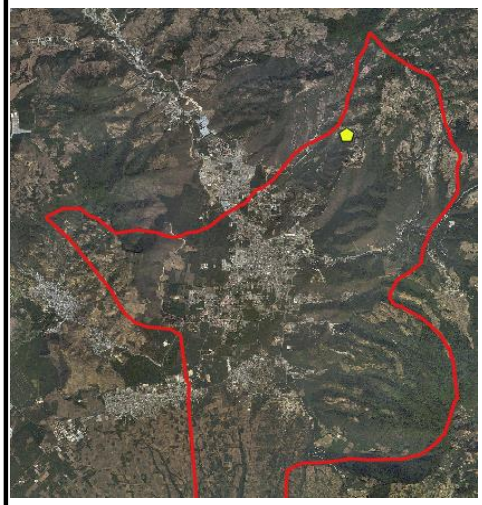
5. Características de las estaciones de rebombeo

Cuadro 87. Características de la estación de rebombeo El Hato 1 El Barranco

Ciudad o Aldea	El Hato	Departamento	Sacatepéquez
Población	956	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Orlando Tórtola
Nombre del re bombeo	El Hato 1 El Barranco	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Rebombeo El Hato 1 El Barranco	Latitud	14.58780556
Caudal (Gl/min)	116	Longitud	-90.71447222
Potencia (HP)	15	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1613974.218
M. línea de impulsión	HG-PVC	Easting	746233.0536
D. línea de impulsión (pulg)	3	Altitud (m)	1810
Dimensiones del tanque		Origen	Pozo El Guayabal
Largo (m)	3	Destino	Rebombeo El Hato 2 El Tambor
Ancho (m)	2.1	Observaciones	
Profundidad (m)	2	Hay 4 bombas antiguas en la estación de bombeo. No funciona el manómetro. Fuga de gran caudal en la llave de paso.	
Volumen (m^3)	12.6		
Imágenes		Ubicación geográfica	





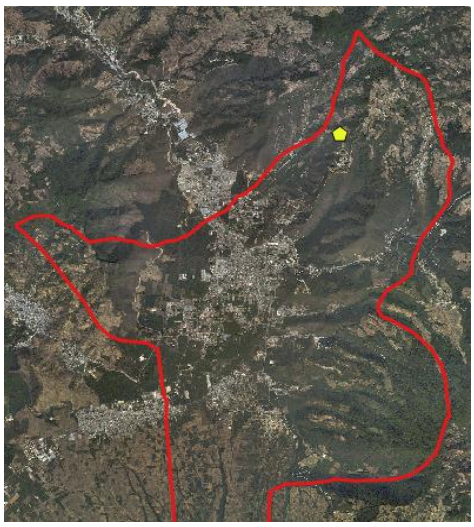


Cuadro 88. Características de la estación de rebombeo El Hato 2 El Tambor

Ciudad o Aldea	El Hato	Departamento	Sacatepéquez
Población	956	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Orlando Tórtola
Nombre del re bombeo	El Hato 2 El Tambor	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Rebombeo El Hato 2 El Tambor	Latitud	14.58883333
Caudal (Gl/min)	66	Longitud	-90.71266667
Potencia (HP)	15	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1614089.928
M. línea de impulsión	HG-PVC	Easting	746426.5229
D. línea de impulsión (pulg)	3	Altitud (m)	1931
Dimensiones del tanque		Origen	Rebombeo El Hato 1 El Barranco
Largo (m)	1.4	Destino	Tanque El Hato
Ancho (m)	1.2	Observaciones	
Profundidad (m)	1.1	Se rebalsa el agua del tanque ya que el caudal de la bomba del pozo El Guayabal es mayor que el caudal de esta bomba.	
Volumen (m^3)	1.8		
Imágenes		Ubicación geográfica	





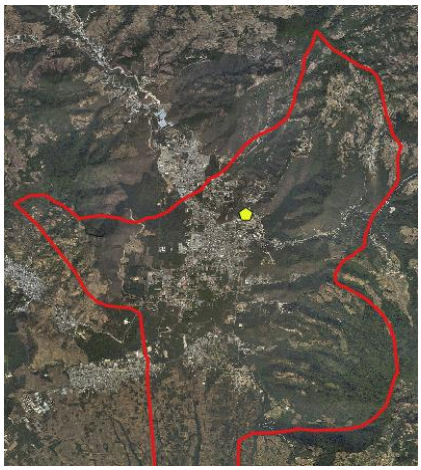


Cuadro 89. Características de la estación de rebombeo San Felipe 1

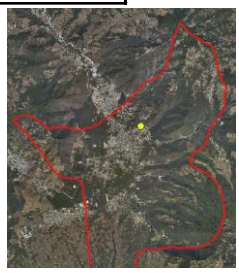
Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	San Felipe 1	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Candelaria 2	Latitud	14.56533333
Caudal (Gl/min)	54	Longitud	-90.72676667
Potencia (HP)	7.5	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1611473.77
M. línea de impulsión	PVC	Easting	744932.7381
D. línea de impulsión (pulg)	2.5	Altitud (m)	1565
Dimensiones del tanque		Origen	Pozo Candelaria 2
Largo (m)	27.2	Destino	Tanque El Cristo
Ancho (m)	5.15	Observaciones	
Profundidad (m)	2		
Volumen (m^3)	280.2		
Imágenes			



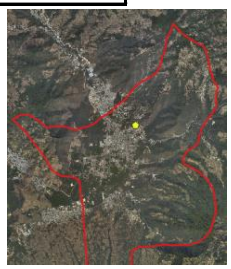
Ubicación geográfica



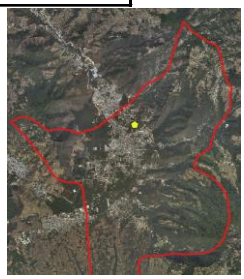
Cuadro 90. Características de la estación de rebombeo San Felipe 2

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	San Felipe 2	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Candelaria 2	Latitud	14.56533333
Caudal (Gl/min)	37	Longitud	-90.72676667
Potencia (HP)	5	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1611473.77
M. línea de impulsión	PVC	Easting	744932.7381
D. línea de impulsión (pulg)	2	Ubicación geográfica	
Dimensiones del tanque			
Largo (m)	27.2		
Ancho (m)	5.15		
Profundidad (m)	2		
Volumen (m^3)	280.2		
Altitud (m)	1565		
Origen	Pozo Candelaria 2		
Destino	Tanque El Cristo		

Cuadro 91. Características de la estación de rebombeo La Guardianía

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	La Guardianía	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Candelaria 2	Latitud	14.56533333
Caudal (Gl/min)	105	Longitud	-90.72676667
Potencia (HP)	15	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1611473.77
M. línea de impulsión	PVC	Easting	744932.7381
D. línea de impulsión (pulg)	3	Ubicación geográfica	
Dimensiones del tanque			
Largo (m)	27.2		
Ancho (m)	5.15		
Profundidad (m)	2		
Volumen (m^3)	280.2		
Altitud (m)	1565		
Origen	Pozo Candelaria 2		
Destino	Tanque El Cerro Guardianía		

Cuadro 92. Características de la estación de rebombeo Los Tres Postes

Ciudad o Aldea	La Antigua Guatemala	Departamento	Sacatepéquez
Población	16503	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	Los Tres Postes	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	El Cerro La Guardianía	Latitud	14.56686667
Caudal (Gl/min)	NM	Longitud	-90.73038333
Potencia (HP)	5	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	interruptor de presión	Northing	1611639.584
M. línea de impulsión	PVC	Easting	744541.1843
D. línea de impulsión (pulg)	2	Ubicación geográfica	
Dimensiones del tanque			
Largo (m)	18.7		
Ancho (m)	9.2		
Profundidad (m)	2.1		
Volumen (m^3)	361.3		
Altitud (m)	1665		
Origen	Pozo Candelaria 2		
Destino	Tanque El Cerro Guardianía		

Cuadro 93. Características de la estación de rebombeo San Cristóbal El Alto

Ciudad o Aldea	San Cristóbal El Alto	Departamento	Sacatepéquez
Población	356	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Hugo Pereira
Nombre del re bombeo	San Cristóbal El Alto	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Rebombeo San Cristóbal El Alto	Latitud	14.53680556
Caudal (Gl/min)	85	Longitud	-90.72022222
Potencia (HP)	15	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1608323.45
M. línea de impulsión	PVC	Easting	745669.786
D. línea de impulsión (pulg)	3	Altitud (m)	1837
Dimensiones del tanque		Origen	Pozo San Cristóbal El Alto
Largo (m)	3.8	Destino	Tanque San Cristóbal El Alto
Ancho (m)	3.8	Observaciones	
Profundidad (m)	2.3	Tubería de PVC que contiene el cloro está averiada.	
Volumen (m^3)	33.2		
Imágenes		Ubicación geográfica	

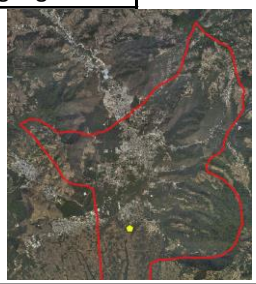








Cuadro 94. Características de la estación de rebombeo Los Cerritos

Ciudad o Aldea	San Pedro Las Huertas	Departamento	Sacatepéquez
Población	1155	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Urbana	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	Los Cerritos	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	San Pedro Las Huertas	Latitud	14.52255556
Caudal (Gl/min)	NM	Longitud	-90.73752778
Potencia (HP)	1.5	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1606727.739
M. línea de impulsión	PVC	Easting	743819.7087
D. línea de impulsión (pulg)	NM	Ubicación geográfica	
Dimensiones del tanque			
Largo (m)	11.1		
Ancho (m)	8.7		
Profundidad (m)	NV		
Volumen (m^3)	NV		
Altitud (m)	1601		
Origen	Pozo San Pedro Las Huertas		
Destino	Red de Col. Los Cerritos		

Cuadro 95. Características de la estación de rebombeo Santa Catarina Bobadilla

Ciudad o Aldea	Santa Catarina Bobadilla	Departamento	Sacatepéquez
Población	844	Municipio	Antigua Guatemala
Área	Rural	Técnico	Alfonso Pichiya
Nombre del re bombeo	Santa Catarina Bobadilla	Coordenadas WGS 84	
Nombre del tanque	Santa Catarina Bobadilla	Latitud	14.52913889
Caudal (Gl/min)	78	Longitud	-90.72425
Potencia (HP)	5	Coordenadas UTM	
Horas de servicio diario	guarda nivel	Northing	1607470.591
M. línea de impulsión	PVC	Easting	745244.0118
D. línea de impulsión (pulg)	2	Ubicación geográfica	
Dimensiones del tanque			
Largo (m)	12.5		
Ancho (m)	8.2		
Profundidad (m)	2.9		
Volumen (m^3)	297.3		
Altitud (m)	1582		
Origen	Pozo Santa Catarina Bobadilla		
Destino	Tinaco Sta. Catarina Bobadilla		

6. Resumen de las características de las estaciones de rebombeo

Cuadro 96. Datos para el cálculo de caudales de rebombeos

ID	Nombre	Altitud (m)	Largo	Ancho	Prof	Volumen	Caudal (l/s)	Caudal (GL/min)	Potencia (hp)	Material salida
1	El Hato 1 (El Barranco)	1810	3	2.1	2	12.6	7.30	115.77	15	HG-PVC
2	El Hato 2 (El Tambor)	1931	1.4	1.2	1.1	1.8	4.14	65.62	15	HG-PVC
3	San Felipe 1 Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	3.40	53.85	7.5	PVC
4	San Felipe 2 Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	2.33	36.91	5	PVC
5	La Guardianía	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	6.63	105.07	15	PVC
6	Los Tres Postes	1665	18.70	9.20	2.10	361.3	NM	NM	5	PVC
7	San Cristóbal El Alto	1837	3.8	3.8	2.3	33.2	5.37	85.09	15	PVC
8	Estación de Rebombeo Los Cerritos	1601	11.10	8.70	NV	NV	NM	NM	1.5	PVC
9	Sta. Catarina Bobadilla	1582	12.50	8.20	2.90	297.3	4.92	78.06	5	PVC
10	Sn. Mateo M.A.	NV	8.00	3.50	2.50	70.0	NM	NM	15	PVC
11	Callejón Bran	NV	NV	NV	NV	NV	NM	NM	1	PVC

Cuadro 97. Datos para el cálculo de caudales de rebombeos (Continuación)

ID	Nombre	Destino	Altitud Destino (m)	Longitud (m)	D. salida (pulg)	D. salida (m)	H (m)	hf (m)	hL (m)	ADT (m)
1	El Hato 1 (El Barranco)	Rebombeo El Tambor	1906	222	3	0.076219512	96	10.28	1.542686731	107.8272649
2	El Hato 2 (El Tambor)	Tanque El Hato	2115	336	3	0.076219512	184	5.43	0.814654942	190.2456879
3	San Felipe 1 Candelaria 2	Tanque El Cristo	1653	536	2.5	0.06351626	88	24.27	3.6399614	115.9063707
4	San Felipe 2 Candelaria 2	Tanque El Cristo	1653	536	2	0.050813008	88	21.52	3.228658968	112.7530521
5	La Guardianía	Tanque Guardianía	1665	423	3	0.076219512	100	16.35	2.453201431	118.8078776
6	Los Tres Postes	Red de La Guardanía El Hato	NM	NM	2	0.050813008	NM	NM	NM	NM
7	San Cristóbal El Alto	Tanque San Cristóbal El Alto	1944	1315	3	0.076219512	107	34.53	5.179457989	146.7091779
8	Estación de Rebombeo Los Cerritos	Red de la Col. Los Cerritos	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
9	Sta. Catarina Bobadilla	Tinaco Santa Catarina B.	1613	121	2	0.050813008	31	19.40	2.909504007	53.30619739
10	Sn. Mateo M.A.	Tanque San Mateo M.A.	1958	NM	2	0.050813008	NM	NM	NM	NM
11	Callejón Bran	Red	NM	NM	1	0.025406504	NM	NM	NM	NM

Cuadro 98. Geoposicionamiento de las estaciones de rebombeo

			WGS 84		UTM	
ID	Nombre	Nombre de Tanque	Latitud	Longitud	Northing	Easting
1	El Hato 1 (El Barranco)	Rebombeo El Hato 1 (El Barranco)	14.58781	-90.71447	1613974.2	746233.1
2	El Hato 2 (El Tambor)	Rebombeo El Hato 2 (El Tambor)	14.58883	-90.71267	1614089.9	746426.5
3	San Felipe 1 Candelaria 2	Candelaria 2	14.56533	-90.72677	1611473.8	744932.7
4	San Felipe 2 Candelaria 2	Candelaria 2	14.56533	-90.72677	1611473.8	744932.7
5	La Guardianía	Candelaria 2	14.56533	-90.72677	1611473.8	744932.7
6	Los Tres Postes	El Cerro / La Guardianía	14.56687	-90.73038	1611639.6	744541.2
7	San Cristóbal El Alto	Rebombeo San Cristóbal El Alto	14.53681	-90.72022	1608323.5	745669.8
8	Los Cerritos	Tanque San Pedro Las Huertas	14.52256	-90.73753	1606727.7	743819.7
9	Sta. Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla	14.52914	-90.72425	1607470.6	745244.0
10	Sn. Mateo M.A.	Rebombeo San Mateo M.A.	NV	NV	NV	NV
11	Callejón Bran	Rebombeo Callejón Bran	NV	NV	NV	NV

Cuadro 99. Características de estaciones de rebombeo

ID	Nombre	Nombre de Tanque	Altitud (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Volumen (m^3)	Caudal (Gl/min)	Potencia (hp)
1	El Hato 1 (El Barranco)	Rebombeo El Hato 1 (El Barranco)	1810	3	2.1	2	12.6	116	15
2	El Hato 2 (El Tambor)	Rebombeo El Hato 2 (El Tambor)	1931	1.4	1.2	1.1	1.8	66	15
3	San Felipe 1 Candelaria 2	Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	54	7.5
4	San Felipe 2 Candelaria 2	Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	37	5
5	La Guardianía	Candelaria 2	1565	27.20	5.15	2.00	280.2	105	15
6	Los Tres Postes	El Cerro / La Guardianía	1665	18.70	9.20	2.10	361.3	NM	5
7	San Cristóbal El Alto	Rebombeo San Cristóbal El Alto	1837	3.8	3.8	2.3	33.2	85	15
8	Los Cerritos	Tanque San Pedro Las Huertas	1601	11.10	8.70	NV	NV	NM	1.5
9	Sta. Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla	1582	12.50	8.20	2.90	297.3	78	5
10	Sn. Mateo M.A.	Rebombeo San Mateo M.A.	NV	8.00	3.50	2.50	70.0	NM	15
11	Callejón Bran	Rebombeo Callejón Bran	NV					NM	1

Cuadro 100. Características de estaciones de rebombeo (continuación)

ID	Nombre	Horas servicio diario	Material salida	Origen	Destino	D. salida (pulg)	Técnico
1	El Hato 1 (El Barranco)	GN	HG-PVC	Pozo El Guayabal	Rebombeo El Tambor	3	Orlando Tórtola
2	El Hato 2 (El Tambor)	GN	HG-PVC	Rebombeo El Hato 1	Tanque El Hato	3	Orlando Tórtola
3	San Felipe 1 Candelaria 2	GN	PVC	Pozo Candelaria 2	Tanque El Cristo	2.5	Alfonso Pichiya
4	San Felipe 2 Candelaria 2	GN	PVC	Pozo Candelaria 2	Tanque El Cristo	2	Alfonso Pichiya
5	La Guardianía	GN	PVC	Pozo Candelaria 2	Tanque Guardianía	3	Alfonso Pichiya
6	Los Tres Postes	IP	PVC	Tanque Candelaria 2	Red de La Guardanía El Hato	2	Alfonso Pichiya
7	San Cristóbal El Alto	GN	PVC	Pozo San Cristóbal El Alto	Tanque San Cristóbal El Alto	3	Hugo Pereira
8	Los Cerritos	GN	PVC	Pozo San Pedro Las Huertas	Red de la Col. Los Cerritos	NM	Alfonso Pichiya
9	Sta. Catarina Bobadilla	GN	PVC	Pozo Santa Catarina B.	Tinaco Santa Catarina B.	2	Alfonso Pichiya
10	Sn. Mateo M.A.	12	PVC	Pozo San Mateo M.A.	Tanque San Mateo M.A.	2	Lauriano
11	Callejón Bran	GN	PVC	Santa Inés	Red	1	Alfonso Pichiya

7. Características de los nacimientos

Cuadro 101. Geoposicionamiento de nacimientos

		WGS 84		UTM		
ID	Nombre	Latitud	Longitud	Northing	Easting	Altitud (m)
1	Sausal Buena Vista 1	14.59781	-90.696583	1615100.5	748150	2147
2	Sausal Buena Vista 2	14.59692	-90.696389	1615002.3	748172	2135
3	Sausal Buena Vista 3	14.59636	-90.696111	1614941.1	748203	2101
4	Pilar 1	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	2101
5	Pilar 2	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	2101
6	Pilar 3	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	2101
7	Pilar 4	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	2101
8	Pilar 5	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	2101
9	Pilar 6	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	1623
10	Pilar 7	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	1623
11	Pilar 8	14.5425	-90.71325	1608961.2	746415	1623
12	Pilar 9	14.54231	-90.712583	1608940.4	746487	1634
13	San Cristóbal El Bajo	14.541	-90.713694	1608794.7	746369	1796
14	El Jutal Guayabal	14.59167	-90.714034	1614404	746276	1893
15	De la Cruz	14.58753	-90.716044	1613943	746064	1760
16	San Mateo	14.57883	-90.692	1613005.7	748665	1880
17	El Cangrejal	14.55931	-90.69875	1610837	747960	1699
18	Tunel de San Miguel	14.55711	-90.696278	1610596.8	748229	1742
19	San José Las Cañas	14.57756	-90.684585	1612874	749466	1860
20	Caberna de San Juan	14.56477	-90.692957	1611449	748578	1714
21	Col. Hno. Pedro	14.54712	-90.699837	1609488	747856	1829
22	Vuelta Grande 1	14.59518	-90.698234	1614809	747975	2096
23	Vuelta Grande 2	14.60561	-90.699833	1615962	747791	2422
24	Vuelta Grande 3	14.60547	-90.70002	1615946	747771	2389
25	Vuelta Grande 4	14.60607	-90.701972	1616010	747560	2349
26	Vuelta Grande 5	14.60133	-90.695702	1615493	748241	2373

Cuadro 102. Características de los nacimientos visitados

ID	Nombre	Diámetro	Largo	Ancho	Profundidad	Volumen	Destino
1	Sausal Buena Vista 1	1.5	NM	NM	NM	NM	Buena Vista 3
2	Sausal Buena Vista 2	1.5	NM	NM	NM	NM	Buena Vista 3
3	Sausal Buena Vista 3	2	NM	NM	NM	NM	Tanque Nacimientos Buena Vista
4	Pilar 1	4	NM	NM	0.75	NM	Tanque Finca El Pilar
5	Pilar 2	4	0.5	0.5	0.92	0.23	Tanque Finca El Pilar
6	Pilar 3	4	0.5	0.45	1.02	0.23	Tanque Finca El Pilar
7	Pilar 4	4	NM	NM	0.68	NM	Tanque Finca El Pilar
8	Pilar 5	4	NM	NM	0.77	NM	Tanque Finca El Pilar
9	Pilar 6	4	0.72	0.42	1.5	0.45	Tanque Finca El Pilar
10	Pilar 7	4	NM	NM	NM	NM	Tanque Finca El Pilar
11	Pilar 8	4	NM	NM	NM	NM	Tanque Finca El Pilar
12	Pilar 9	4	1.5	1.1	3.2	5.28	Tanque Finca El Pilar
13	San Cristóbal El Bajo	2	NM	NM	NM	NM	Pila pública San Pedro Las Huertas

La tabla anterior muestra las características de los nacimientos visitados. En este caso, NM significa no medible debido a que la cámara de captación es de roca natural por lo que tiene superficies irregulares. Para todos los nacimientos parece ser que el método de remoción de material de arrastre es por sedimentación sea en el tanque de distribución o en la cámara de captación.

La mayoría de los nacimientos llegan a una pila pública y no a la red municipal. Muchos de ellos son mantenidos por los pobladores ya que no se cobra por el servicio de agua potable. La Municipalidad solamente les proporciona el cloro para tratar el agua de sus nacimientos. Los únicos nacimientos de los que se conocen los caudales son los nacimientos que aportan los mayores caudales a la red municipal: San José Las Cañas, El Cangrejal y Túnel de San Miguel. El nacimiento San José las Cañas llega al tanque de distribución San Juan Gascón con 150 galones por minuto. Los otros dos nacimientos mencionados llegar al tanque de distribución Santa Inés sumando un total de 150 galones por minuto.

En ninguno de los nacimientos se observaron los siguientes elementos:

- Método de filtración
- Vertedero de rebase
- Tubería de desagüe

Figura 62. Nacimiento Buena Vista 1, 2 y 3 respectivamente



Figura 63. Nacimiento San Cristóbal El Bajo



En la Figura 63, se observa una tapadera inapropiada para el nacimiento Buena Vista 1, 2 y 3. Esto se debe a que ninguna de las tapaderas es segura o de fácil manejo. En el nacimiento Buena Vista 2 no se tiene un drenado para el agua que se acumula en la superficie de la cámara de captación. Adicionalmente, este nacimiento, al igual que el nacimiento de San Cristóbal El Bajo, se encuentra a lado de taludes de pendiente pronunciada por lo que hay riesgo de daño a los nacimientos por derrumbes. El nacimiento de San Cristóbal El Bajo está expuesto completamente a la intemperie debido a que arreglos "temporales" realizados en respuesta a un derrumbe. Esto expone al nacimiento a mayor riesgo de contaminación.

8. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos

Cuadro 103. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos

Lugar de Muestreo	Ubicación del Pozo	Color (UPT/CO)	Olor	Sabor	Conductividad (uS/cm)	Salinidad
Pila Colorada	Z.1 San Felipe de Jesús	19.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	264.0	AUSENCIA
San Felipe el Llano	Z.2 San Felipe de Jesús	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	327.0	AUSENCIA
El Guayabal / El Hato	El Guayabal	19.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	414.0	AUSENCIA
Santa Rosa	1ra Calle. 1ra Avenida. La Antigua Guatemala	13.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	423.0	AUSENCIA
Candelaria II	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	19.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	455.0	AUSENCIA
Candelaria I	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	381.0	AUSENCIA
La Chácara	Condomnio Las Gravileas. La Antigua Guatemala	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	303.0	AUSENCIA
Santa Ana	Calle del Agua Sta. Ana	16.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	249.0	AUSENCIA
Col. Hno Pedro	Col. Hermano Pedro Sta. Ana	10.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	215.0	AUSENCIA
Sn. Cristóbal El Bajo	Sn. Cristóbal El Bajo	21.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	344.0	AUSENCIA
Sn. Cristóbal El Alto	Sn. Cristóbal El Bajo	18.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	330.0	AUSENCIA
Sta. Catarina Bobadilla	Sta. Catarina Bobadilla	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	254.0	AUSENCIA
La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	Sn. Juan del Obispo	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	264.0	ASUENCIA
Sn. Juan Del Obispo 2	La Guayaba	16.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	221.0	AUSENCIA
Sn. Pedro Las Huertas	Sn. Pedro Las Huertas	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	220.0	AUSENCIA
Sn. Pedro El Alto	Sn. Pedro El Alto	16.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	284.0	AUSENCIA
Parque La Unión	3ra Avenida. 6ta Calle. La Antigua Guatemala	11.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	445.0	AUSENCIA
Estación Sn. Mateo M.A.	San Mateo M.A.	19.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	194.7	AUSENCIA

Cuadro 104. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos (continuación)

Lugar de Muestreo	S. Totales Disueltos (mg/L)	Turbiedad (UNT)	pH	Dureza Total (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)
Pila Colorada	133.0	0.26	7.01	200.0	<0.05	40.05	24.29
San Felipe el Llano	163.0	0.18	7.21	440.0	0.05	88.10	53.45
El Guayabal / El Hato	206.0	0.31	6.91	252.0	0.05	50.46	30.61
Santa Rosa	210.0	0.17	7.03	280.0	<0.05	56.07	34.01
Candelaria II	228.0	0.18	7.19	400.0	<0.05	80.10	48.59
Candelaria I	191.0	0.13	6.73	252.0	0.09	50.46	30.61
La Chácara	152.0	0.13	6.79	228.0	<0.05	45.65	27.70
Santa Ana	125.0	0.15	7.14	490.0	0.05	100.12	60.74
Col. Hno Pedro	107.0	0.25	6.50	180.0	0.06	36.04	21.86
Sn. Cristóbal El Bajo	171	0.11	6.81	240.0	0.05	48.06	29.15
Sn. Cristóbal El Alto	166.0	0.20	6.72	212.0	0.06	42.45	25.75
Sta. Catarina Bobadilla	128.0	0.09	6.63	220.0	0.05	44.05	26.72
La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	132.0	0.13	6.71	292.0	0.12	58.47	35.47
Sn. Juan Del Obispo 2	111.0	0.15	6.99	368.0	0.34	73.68	44.70
Sn. Pedro Las Huertas	110.0	0.26	6.61	180.0	0.15	36.04	21.86
Sn. Pedro El Alto	142.0	0.17	6.91	308.0	<0.05	61.17	37.41
Parque La Unión	222.0	0.47	6.79	280.0	0.20	56.07	34.01
Estación Sn. Mateo M.A.	97.0	0.42	6.63	240.0	<0.05	48.06	29.15

Cuadro 105. Propiedades fisicoquímicas del agua en pozos (continuación)

Lugar de Muestreo	Manganeso (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
Pila Colorada	0.1	0.6	0.02	5.4	1.0
San Felipe el Llano	0.1	0.9	<0.02	6.2	5
El Guayabal / El Hato	0.1	<2.2	<0.02	10.3	9.0
Santa Rosa	0.1	3.2	<0.02	9.2	10.0
Candelaria II	0.1	5.4	0.02	10.8	13.0
Candelaria I	0.1	0.9	0.04	8.1	32.0
La Chácara	0.1	0.9	0.03	4.4	5.0
Santa Ana	0.1	1.1	<0.02	2.9	3.0
Col. Hno Pedro	0.1	1.6	<0.02	4.6	2.0
Sn. Cristóbal El Bajo	0.1	3.3	<0.02	12.8	10.0
Sn. Cristóbal El Alto	0.1	2.8	0.03	11.90	9.0
Sta. Catarina Bobadilla	0.1	1.1	0.03	6.9	7.0
La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	0.1	2.3	0.03	8.1	5.0
Sn. Juan Del Obispo 2	0.69	1.5	0.03	7.5	8.0
Sn. Pedro Las Huertas	0.1	1.6	0.02	6.7	6.0
Sn. Pedro El Alto	0.1	2.6	0.02	7.1	5.0
Parque La Unión	0.1	<0.5	0.06	11.5	8.0
Estación Sn. Mateo M.A.	0.1	1.1	<0.02	4.4	5.0

Cuadro 106. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución

Lugar de Muestreo	Ubicación del Tanque	Color	Olor	Sabor	Conductividad	Salinidad
Santa Inés	Santa Inés	20.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	190.1	AUSENCIA
San. Juan Gascón	San. Juan Gascón	20.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	214.0	AUSENCIA
San Cristobal El Bajo Rural	Parte alta San Cristobal el Bajo	15.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	202.0	AUSENCIA
San Cristobal El Alto	San Cristobal El Alto	16.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	390.0	AUSENCIA
Buena Vista	Buena Vista	17.0	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	231.0	AUSENCIA

Cuadro 107. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución (continuación)

Lugar de Muestreo	S. Totales Disueltos	Turbiedad	pH	Dureza Total	Hierro Total	Calcio	Magnesio
Santa Inés	95.0	0.19	07.01	316.0	0.05	63.28	38.39
San. Juan Gascón	108.0	0.41	6.71	188.0	<0.05	37.64	22.84
San Cristobal El Bajo Rural	101.0	0.25	6.88	200.0	0.06	40.05	24.29
San Cristobal El Alto	195.0	0.26	07.02	280.0	<0.05	56.07	34.01
Buena Vista	113.0	1.36	6.93	200.0	0.07	40.05	24.29

Cuadro 108. Propiedades fisicoquímicas del agua en tanques de distribución (continuación)

Lugar de Muestreo	Manganeso	Nitratos	Nitritos	Cloruros	Sulfatos
Santa Inés	0.1	0.8	0.04	4.5	1.0
San. Juan Gascón	0.1	0.09	<0.02	7.2	2.0
San Cristobal El Bajo Rural	0.1	0.6	<0.02	4.3	7.0
San Cristobal El Alto	0.1	0.9	0.02	3.1	1.0
Buena Vista	0.1	3.6	<0.02	6.3	3.0

Cuadro 109. Propiedades microbiológicas y contenido de cloro del agua en pozos

Lugar de Muestreo	Cloro residual (mg/L)	R.A.T. Coliformes Totales (UFC/ml)	N.M.P Coliformes Totales (NMP/100ml)	Aislamiento de E. coli (UFC/ml)
Pila Colorada	1.0	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
San Felipe el Llano	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
El Guayabal / El Hato	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Santa Rosa	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Candelaria II	0.8	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Candelaria I	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
La Chácara	NM	NM	NM	NM
Santa Ana	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Col. Hno Pedro	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sn. Cristóbal El Bajo	0.5	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sn. Cristóbal El Alto	0.5	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sta. Catarina Bobadilla	0.5	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sn. Juan Del Obispo 2	0.5	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sn. Pedro Las Huertas	0.8	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Sn. Pedro El Alto	0.5	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Parque La Unión	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
Estación Sn. Mateo M.A.	0.8	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA

Cuadro 110. Propiedades microbiológicas y contenido de cloro del agua en tanques de distribución

Lugar de Muestreo	Cloro residual	R.A.T. Coliformes Totales UFC/ml	N.M.P Coliformes Totales NMP/100ml	Aislamiento de E. coli UFC/ml
Santa Inés	0.8	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
San. Juan Gascón	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA
San Cristobal El Bajo Rural	NM	NM	NM	NM
San Cristobal El Alto	NM	NM	NM	NM
Buena Vista	0.6	NO DETECTABLE	NO DETECTABLE	AUSENCIA

Los parámetros establecidos en las tablas anteriores se encuentran dentro de los parámetros permitidos por la norma COGUANOR NTG 29001. El agua se considera sanitariamente segura para consumo humano. Sin embargo, nótese que del pozo La Chácara no hay resultados de cloro residual. El equipo de cloración de ese pozo está deshabilitado por lo que es posible que el agua obtenida de ese pozo no cumpla con la norma y sea insegura para el consumo humano.

9. Demanda y abastecimiento actual de agua potable

a. Demanda actual de agua potable

Cuadro 111. Proyección de la población al año 2017

ID	Lugar Poblado	Categoría	Area	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Antigua Guatemala	Ciudad	Urbana	11910	12190	12478	12770	13065	13362	13661	13963	14269	14579	14893	15211	15531	15854	16178	16503
2	Agua Colorada	Caserío	Rural	211	216	221	226	231	236	241	246	251	256	262	268	274	280	286	292
3	Buena Vista	Caserío	Rural	408	418	428	438	448	458	468	478	488	499	510	521	532	543	554	565
4	San Pedro El Alto	Colonia	Urbana	376	385	394	403	412	421	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520
5	Carmona	Finca	Rural	196	201	206	211	216	221	226	231	236	241	246	251	256	261	266	271
6	San Sebastián El Cerrito	Colonia	Urbana	357	365	374	383	392	401	410	419	428	437	446	456	466	476	486	496
7	La Arenera	Colonia	Urbana	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216
8	Colonia Bernabé	Colonia	Urbana	150	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194	198	202	206	210
9	Finca La Azotea	Finca	Urbana	257	263	269	275	281	287	293	299	306	313	320	327	334	341	348	355
10	El Hato Guardianía	Caserío	Rural	641	656	671	687	703	719	735	751	767	784	801	818	835	852	869	886
11	Colonia La Belleza	Colonia	Urbana	347	355	363	372	381	390	399	408	417	426	435	444	453	462	471	480
12	Retana	Finca	Urbana	116	119	122	125	128	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161
13	Santa Inés del Monte Pulciano	Aldea	Rural	882	903	924	946	968	990	1012	1034	1057	1080	1103	1127	1151	1175	1199	1223
14	San Felipe de Jesús	Aldea	Urbana	4627	4736	4848	4962	5077	5192	5308	5425	5544	5664	5786	5909	6033	6158	6284	6410
15	San Bartolomé Becerra	Aldea	Urbana	2162	2213	2265	2318	2372	2426	2480	2535	2590	2646	2703	2761	2819	2878	2937	2996
16	San Mateo Milpas Altas	Aldea	Rural	1765	1807	1850	1893	1937	1981	2025	2070	2115	2161	2208	2255	2303	2351	2399	2447
17	San Gaspar Vivar	Caserío	Rural	880	901	922	944	966	988	1010	1032	1055	1078	1101	1124	1148	1172	1196	1220
18	San Cristóbal El Alto	Aldea	Rural	258	264	270	276	282	288	294	300	307	314	321	328	335	342	349	356
19	San Juan Gascón	Aldea	Rural	469	480	491	503	515	527	539	551	563	575	587	600	613	626	639	652
20	Santa Catarina Bobadilla	Aldea	Rural	610	624	639	654	669	684	699	714	730	746	762	778	794	810	827	844
21	San Juan el Obispo	Aldea	Urbana	3512	3595	3680	3766	3853	3941	4029	4118	4208	4299	4392	4486	4581	4676	4772	4868
22	San Pedro Las Huertas	Aldea	Urbana	833	853	873	893	914	935	956	977	998	1020	1042	1064	1086	1109	1132	1155
23	San Cristóbal El Bajo	Aldea	Rural	708	725	742	759	777	795	813	831	849	867	886	905	924	943	962	981
24	Santa Ana	Aldea	Urbana	1063	1088	1114	1140	1166	1192	1219	1246	1273	1301	1329	1357	1386	1415	1444	1473
25	El Hato Guardianía	Aldea	Rural	690	706	723	740	757	774	791	808	826	844	862	880	899	918	937	956
26	Colonia Candelaria	Colonia	Urbana	334	342	350	358	366	374	382	390	399	408	417	426	435	444	453	462
27	Colonia Cindal o El Naranjo	Colonia	Urbana	338	346	354	362	370	378	386	395	404	413	422	431	440	449	458	467
28	El Tambos	Caserío	Rural	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216
29	Colonia El Hermano Pedro	Caserío	Rural	754	772	790	809	828	847	866	885	904	924	944	964	984	1004	1025	1046
30	Vuelta Grande	Caserío	Rural	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	209	213	217
31	Jardines de Antigua	Colonia	Urbana	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	123	125
32	Finca San Pedro el Panorama	Finca	Urbana	797	816	835	855	875	895	915	935	955	976	997	1018	1039	1061	1083	1105
33	Finca Las Salinas	Finca	Urbana	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
34	El Manchen	Colonia	Urbana	632	647	662	678	694	710	726	742	758	774	791	808	825	842	859	876
35	Jardines de Hunapu	Colonia	Urbana	267	273	279	286	293	300	307	314	321	328	335	342	349	356	363	370
36	El Pensativo	Colonia	Urbana	337	345	353	361	369	377	385	394	403	412	421	430	439	448	457	466
37	San Fransisco	Colonia	Urbana	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
38	El Carmen	Colonia	Urbana	328	336	344	352	360	368	376	384	392	401	410	419	428	437	446	455
39	El Virrey	Aldea	Urbana	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106
40	La Chacra	Aldea	Rural	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
41	El Naranjo	Otra	Urbana	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
42	Santa Clara	Finca	Rural	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
43	Las Gravileas	Otra	Urbana	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
44	Población Dispersa	Otra	Rural	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	Población Total			**38097**	**38997**	**39916**	**40852**	**41797**	**42745**	**43697**	**44659**	**45635**	**46626**	**47630**	**48644**	**49666**	**50695**	**51729**	**52764**

Cuadro 112. Tasas de crecimiento poblacional anual (Banco Mundial)

Año	Tasa
2002	2.353%
2003	2.361%
2004	2.344%
2005	2.310%
2006	2.272%
2007	2.239%
2008	2.210%
2009	2.188%
2010	2.171%
2011	2.154%
2012	2.132%
2013	2.107%
2014	2.077%
2015	2.044%
2016	2.010%

Cuadro 113. Parámetros utilizados para el cálculo de caudales de diseño

Parámetro	Valor
Población urbana proyectada a 2017	40456
Población rural proyectada a 2017	12308
Factor máximo diario	1.2
Factor máximo horario	2
Factor por temperatura	1.1
Factor por pérdidas	1.3
Dotación área urbana (l/h*día)	200
Dotación área rural (l/h*día)	150

Cuadro 114. Caudales de diseño

Caudal	litro/s
Caudal medio diario neto	115.02
Caudal medio diario total	164.47
Caudal máximo diario	197.37
Caudal máximo horario	328.95

Como se puede ver en el Cuadro 114, la demanda total de agua potable en Antigua Guatemala es 329 litros por segundo. En el siguiente cuadro se muestra el caudal máximo horario si se considerara que los hoteles no cuentan con pozo propio y son abastecidos por el sistema municipal. El caudal de demanda de los hoteles se obtuvo al dividir volumen de agua consumido en un año en el cuadro 104 dentro de la cantidad de segundos en un año para obtener el caudal en litros por segundo. El caudal resultante fue de 10.67 litros por segundo y se le añadió al caudal medio diario neto para calcular un nuevo caudal máximo diario.

Cuadro 115. Caudales de diseño tomando en cuenta consumo de hoteles

Caudal	litro/s
Caudal medio diario neto	125.68
Caudal medio diario total	179.73
Caudal máximo diario	215.67
Caudal máximo horario	359.45

b. Relación demanda-capacidad

Cuadro 116. Caudales de los pozos

ID	Nombre	Caudal (l/s)
1	Pila Colorada	7.23
2	San Felipe el Llano	4.16
3	El Guayabal / El Hato	5.58
4	Santa Rosa	53.34
5	Candelaria II	13.55
6	Candelaria I	12.81
7	La Chácara	10.50
8	Santa Ana	7.09
9	Col. Hno Pedro	3.65
10	Sn. Cristóbal El Bajo	6.56
11	Sn. Cristóbal El Alto	10.41
12	Sta. Catarina Bobadilla	11.83
13	La Cuchilla, Sn. Juan Obispo	7.63
14	Sn. Juan el Obispo 2	12.79
15	Sn. Pedro Las Huertas	7.91
16	Sn. Pedro El Alto	9.89
18	Parque La Unión	15.05
19	Sn. Mateo M.A.	5.17
Caudal total de pozos		**205.15**

Cuadro 117. Caudales de entrada y demanda

Caudales	litro/s
Pozos	205.15
Nacimientos	18.93
Total de entrada	**224.08**
Demanda	**328.95**
Demanda con consumo de hoteles	**359.45**

En el cuadro anterior se puede observar el caudal de demanda con hoteles y sin ellos. Esta separación es porque una considerable cantidad de hoteles tiene pozo propio por lo que no hacen uso del agua municipal.

Asumiendo que todos los hoteles necesitan abastecerse con la red de distribución de agua potable se obtiene un caudal de demanda total de 359.45 litros por segundo

Cuadro 118. Volumen total de tanques de distribución

ID	Nombre	Volumen m^3
1	Candelaria 2	280.2
2	El Cerro / La Guardianía	361.3
3	El Caballo	30.4
4	San Juan el Obispo / Cementerio 2	143.2
5	San Pedro El Alto	205.4
6	San Juan el Obispo / Cementerio 1	134.7
7	Santa Catarina Bobadilla	297.3
8	El Llano	216.0
9	Santa Ana	231.7
10	San Cristóbal El Alto	74.7
11	Finca El Pilar	26.3
12	San Cristóbal El Bajo Rural	27.7
13	Santa Inés	1177.6
14	San Pedro Las Huertas	NV
15	Tinaco Santa Catarina B.	NM
16	El Guayabal	48.2
17	Buena Vista	1.57
18	El Hato	104
19	El Cristo	NV
20	Colonia Hermano Pedro	NV
21	San Mateo M.A.	NV
22	San Juan Gascón	129.1
	Volumen Total	**3489.2**

Cuadro 119. Volumen actual y de demanda

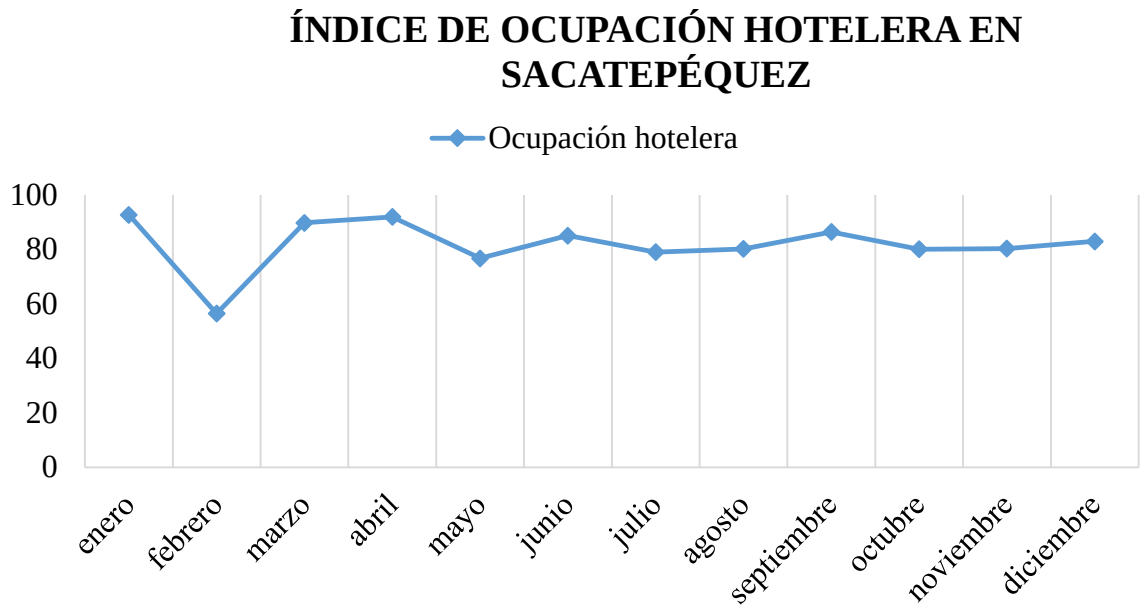
Volúmenes	m^3
Volumen actual	3489.2
Volumen de demanda	4263.14

En el Cuadro 119 se puede ver que los elementos reguladores de caudal, los tanques de distribución deben de proporcionar 104.87 litros por segundo para suplir el caudal de diseño, el caudal máximo horario. Con el volumen total actual, 3489.2 metros cúbicos, se puede suplir este déficit por 4 horas y media asumiendo que los tanques están 50% llenos el momento en el que se demanda el caudal máximo horario. Sin embargo, el volumen requerido total calculado a partir del 25% del caudal máximo diario en un día requiere 774 m^3 más que lo que actualmente hay. En otras palabras, los tanques San Pedro Las Huertas, El Cristo, Colonia Hermano Pedro y San Mateo Milpas Altas deben tener por lo menos 774 metros cúbicos para cumplir con el volumen de demanda mediante el método empírico. Estos volúmenes no fueron tomados en campo debido a problemas logísticos con los trabajadores municipales ya que no se pudo medir profundidad sin las llaves para abrir los tanques respectivos.

C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

1. **Temporalidad del consumo de agua por el sector.** El 100% de los encuestados afirmó que durante semana santa y fin de año se requería de más dotación para tener la capacidad de responder a las necesidades y expectativas de sus clientes. Esto guarda cierta concordancia con el índice de ocupación hotelera del departamento de Sacatepéquez durante el 2016 presentado por el INGUAT (2017), ya que los meses de enero, marzo, abril y septiembre reportaron la mayor ocupación durante ese año. Sin embargo, es notable que la tendencia de ocupación es bastante estable, con solamente un descenso dramático en el mes de febrero.

Figura 64. Índice de ocupación hotelera en Sacatepéquez del 2016.



Fuente: elaboración propia con información del INGUAT (2017).

Es necesario recordar que el municipio de Antigua Guatemala ofrece más del 86% de la totalidad de establecimientos de hospedaje y alojamiento en el departamento de Sacatepéquez, por lo que estos datos están muy apegados a la realidad del municipio como tal.

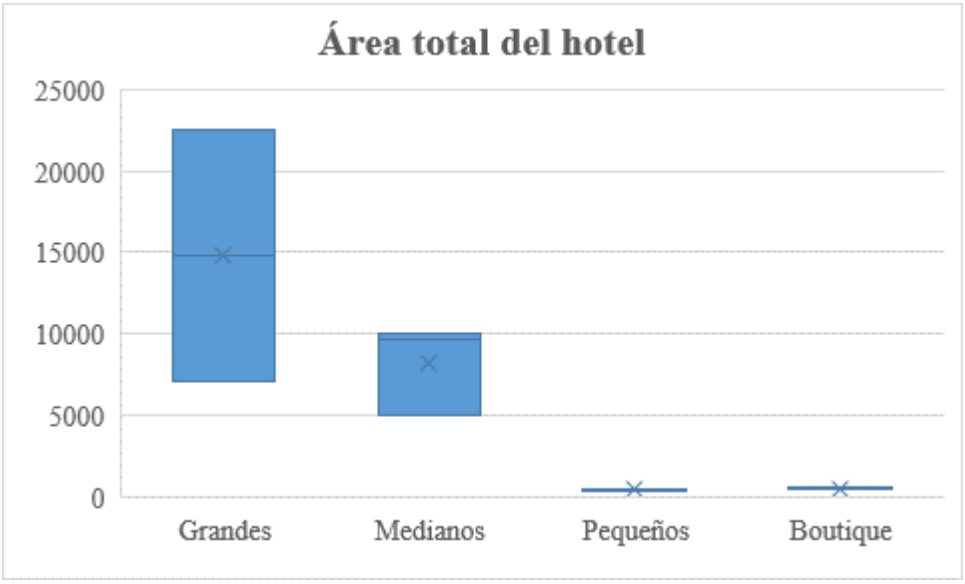
2. **Resultados de la encuesta.** Se enviaron correos de invitación a todas las direcciones de correo electrónico registradas en el INGUAT, que para el 2017 sumaban 172. No obstante, la tasa de respuesta fue paupérrima (2%). Aunque no se tenía previsto este escenario, se procedió a establecer contacto con los establecimientos que tenían algún tipo de relación con el departamento de administración del turismo sostenible de la Universidad del Valle de Guatemala. Es así que se consiguió encuestar a 10 establecimientos:

2 grandes, 3 medianos, 2 pequeños y 3 boutique. Este número de observaciones no se aleja demasiado de la muestra propuesta de 12 establecimientos, ya que el estudio pretende ser una primera aproximación a la medición del consumo de agua real por parte del sector. Además del poco interés mostrado por el sector a participar, nos encontramos con las siguientes limitantes:

- La falta de registros alrededor de la extracción, dotación, consumo y descarga de agua por parte de las autoridades de los establecimientos de alojamiento y hospedaje. Esto llevó a que se trabajara con estimaciones en la mayoría de los casos, disminuyendo así la precisión de los resultados generados por la herramienta de medición de consumo de agua en hoteles.
- Al ser una muestra tan reducida, no representativa ni aleatoria, no es posible generar resultados que apliquen para todo el sector como tal.

Se comenzará por hacer una caracterización de la muestra, aunque todos estos datos fueron útiles al momento de realizar los cálculos para obtener resultados la herramienta de medición del consumo de agua en hoteles.

Figura 65. Área total de las instalaciones del hotel. Áreas expresadas en m2

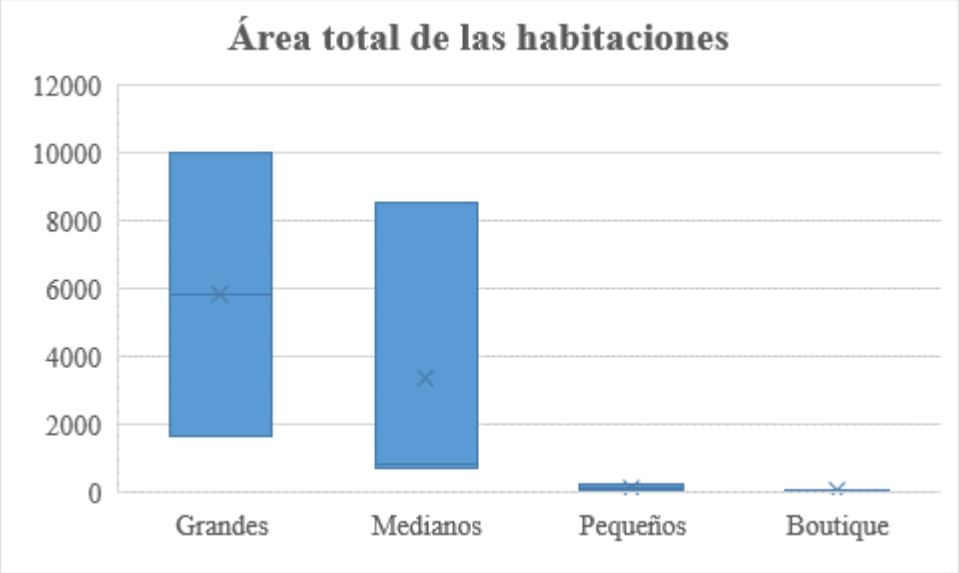


Como es posible observar, el hotel encuestado con la mayor extensión territorial alcanza los 22,500 mts^2, mientras que el más pequeño tenía un área total de 370 mts^2. La diferencia en los tamaños de las cajas de la gráfica se explica por las desviaciones estándar tan pronunciadas entre los hoteles grandes y los medianos. La desviación estándar para el grupo de hoteles grandes es de 10,941.77, mientras que el grupo de hoteles medianos reportó una desviación estándar de 2,831.16. Las desviaciones estándar reportadas por los grupos restantes fueron drásticamente menores: 106.1 para los hoteles pequeños y 54.41 para los hoteles *boutique*.

Cuadro 120. Media de área total del hotel por tamaño. Áreas expresadas en m2

Tamaño	**Media**
Grandes	14763
Medianos	8225
Pequeños	445
Boutique	462.3

Figura 66. Área total de las habitaciones de huéspedes en el hotel. Áreas expresadas en m2

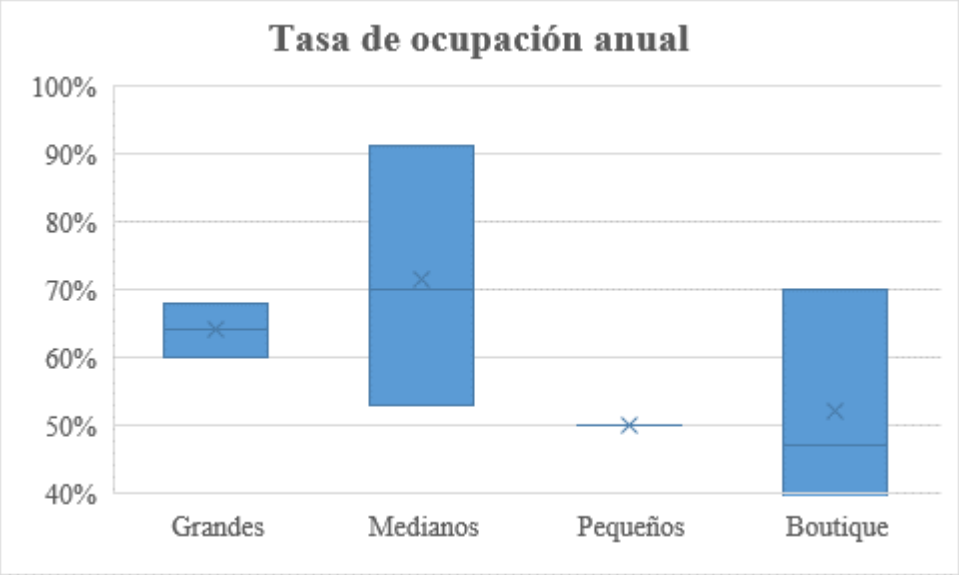


El área total de habitaciones de huéspedes mayor fue de 9,974 mts^2, mientras que la menor fue de 18 mts^2. Las altas desviaciones estándar explican el gran tamaño de las cajas de los grupos de hoteles grandes y medianos, pues la desviación estándar reportada por los hoteles grandes fue de 5,907.2 y la reportada por hoteles medianos fue de 4,468.9. Las desviaciones estándar reportadas por los hoteles medianos y pequeños fueron mucho menores, con 124.5 para los hoteles pequeños y 10.4 para los hoteles *boutique*.

Cuadro 121. Media del área total de las habitaciones del hotel según tamaño. Áreas expresadas en m2.

Tamaño	**Promedio**
Grande	5797
Mediano	3,340
Pequeño	122
Boutique	30

Figura 67. Tasa de ocupación anual reportada por el hotel

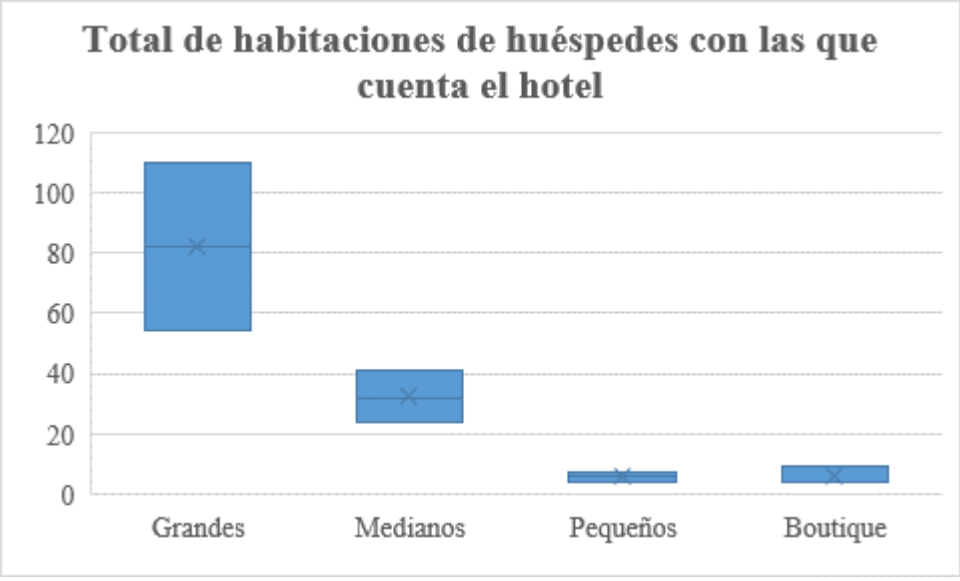


La tasa de ocupación más alta reportada fue del 91%, mientras que la más baja fue del 47%. Los grupos con las desviaciones estándar más altas fueron los hoteles medianos, con 0.21, y los hoteles *boutique* con 0.16. Asimismo, el promedio de la tasa de ocupación de todos los establecimientos fue del 60%.

Cuadro 122. Media de la tasa de ocupación anual reportada

Tamaño	**Media**
Grande	64%
Mediano	71%
Pequeño	50%
Boutique	52%

Figura 68. Total de habitaciones de huéspedes con las que cuenta el hotel

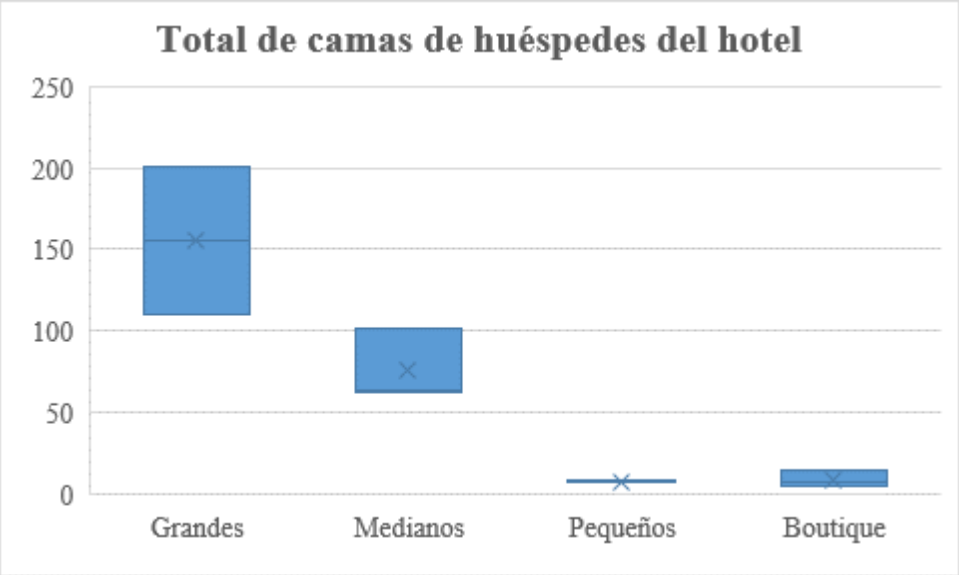


La mayor cantidad de habitaciones de huéspedes reportada fue de 110, mientras que la menor fue de 4. El gran tamaño de la caja de los hoteles grandes se debe a su alta desviación estándar (39.6), ya que dentro de la categoría de hoteles grandes entró un establecimiento con 54 habitaciones y otro con el doble de habitaciones. La desviación estándar reportada por las demás categorías fue menor, con 8.5 para los hoteles medianos, 2.12 para los pequeños y 0 para los hoteles *boutique*.

Cuadro 123. Media del total de habitaciones de huéspedes reportadas

Tamaño	**Media**
Grande	82
Mediano	32.3333
Pequeño	6.66667
Boutique	5.66667

Figura 69. Total de camas de huéspedes ofrecido por el hotel

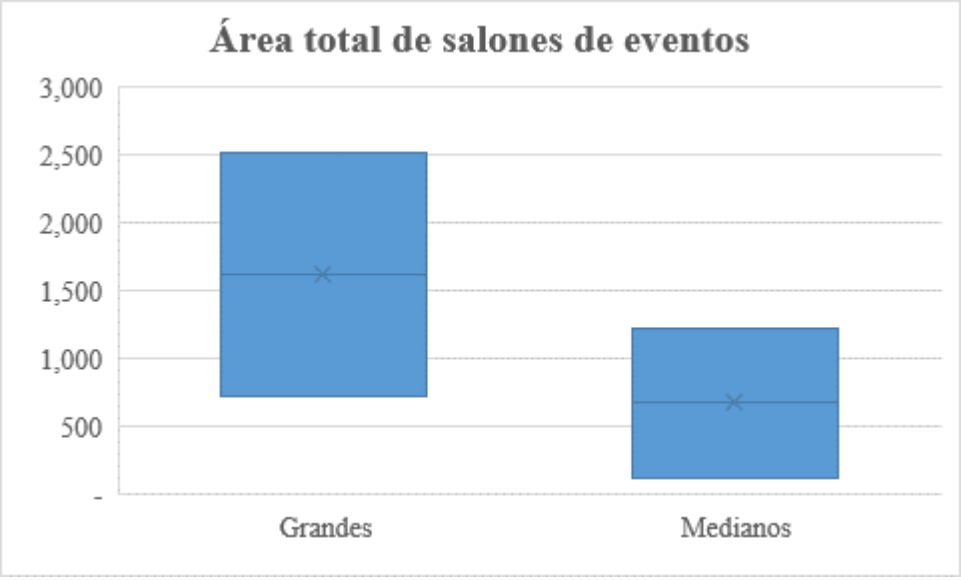


La mayor cantidad de camas ofrecidas por un hotel fue de 210, mientras que la menor cantidad reportada fue de 5. El gran tamaño de las cajas de las categorías grandes y medianos se debe a sus altas desviaciones estándar (64.35 y 22.8 respectivamente). A su vez, los hoteles pequeños y *boutique* reportaron desviaciones estándar más reducidas (0.70 y 4.73 respectivamente).

Cuadro 124. Media del total de camas de huéspedes ofrecidas por el hotel según categoría

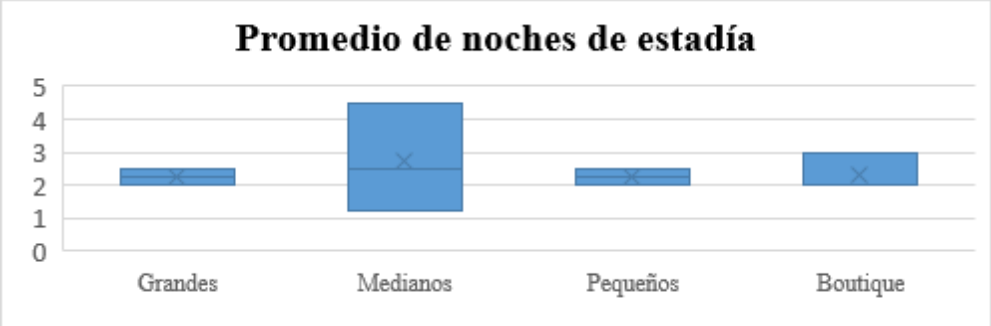
Tamaño	**Media**
Grande	155.5
Mediano	75.6667
Pequeño	7.5
Boutique	8.66667

Figura 70. Área total de los salones de eventos del hotel



Solamente cuatro hoteles reportaron ofrecer salones para eventos dentro de sus instalaciones, siendo el área más grande reportada de 2,507 mts^2, mientras que la más reducida fue de 120 mts^2. El gran tamaño de las cajas de ambas categorías se explica por sus altas desviaciones estándar, reportando una desviación estándar de 1263.6 la categoría de hoteles grandes, mientras que ésta fue de 777.8 para los hoteles medianos. Es así que la media de los salones de eventos en los hoteles grandes fue de 1,614 mts^2, mientras que los dos hoteles medianos reportaron una media de 670 mts^2.

Figura 71. Promedio de noches de estadía por huésped



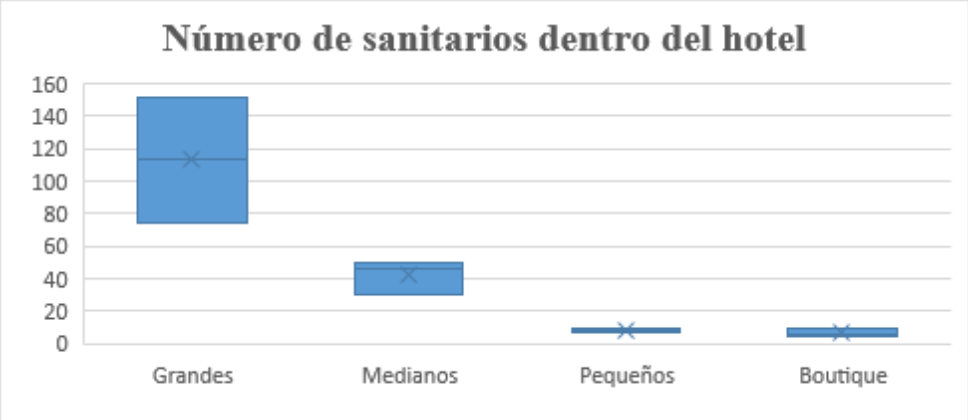
El promedio de noches de estadía por huésped en todos los hoteles participantes fue de 2.42 noches, con una desviación estándar de 0.874. El promedio de estadía más alto reportado fue de 4.5 noches, mientras que el menor fue de 1.2. El gran tamaño de la caja de la categoría de medianos responde a la alta desviación estándar del grupo (1.66).

Cuadro 125.Media de noches promedio por huésped reportadas por el hotel

Tamaño	**Media**
Grande	2.25
Mediano	2.733333
Pequeño	2.25
Boutique	2.333333

Entrando a la sección de consumo de agua en hoteles, se procederá a describir los datos reportados por los hoteles en cuanto a esta temática. Todos estos datos fueron ingresados a las herramientas de medición del consumo de agua en hoteles.

Figura 72. Total de sanitarios dentro del hotel



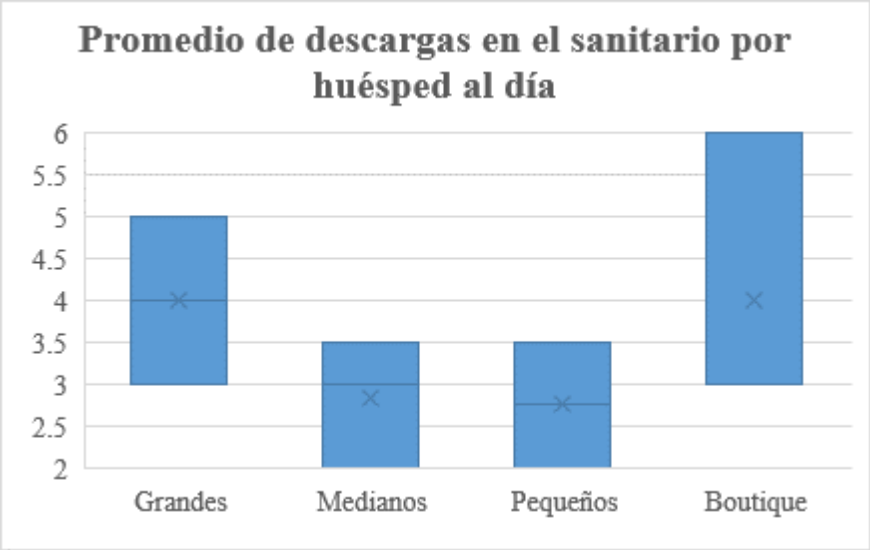
El mayor número de sanitarios dentro del hotel reportado fue de 152, mientras que el hotel con menos sanitarios reportó solamente 5. Es posible observar que los hoteles medianos, pequeños y *boutique* guardan cierta similitud en cuanto al número de sanitarios dentro de sus instalaciones. Por su parte, la caja de los hoteles es bastante grande, ya que uno reportó contar con 152 mientras que el otro reportó 74. Por consiguiente, la desviación estándar de este grupo fue de 55.15.

En cuanto a las regaderas con las que cuenta el hotel, el 80% afirmó que contaban con regaderas estándar, mientras que el 20% restante aseguró que utilizan regaderas ahorradoras o “de teléfono”. Además, el promedio de duchas por huésped fue de 1.5/día. Es interesante reportar que no hubo variaciones relevantes en cuánto a este promedio según el tamaño del hotel.

Cuadro 126. Media del total de sanitarios que ofrece el hotel por categoría

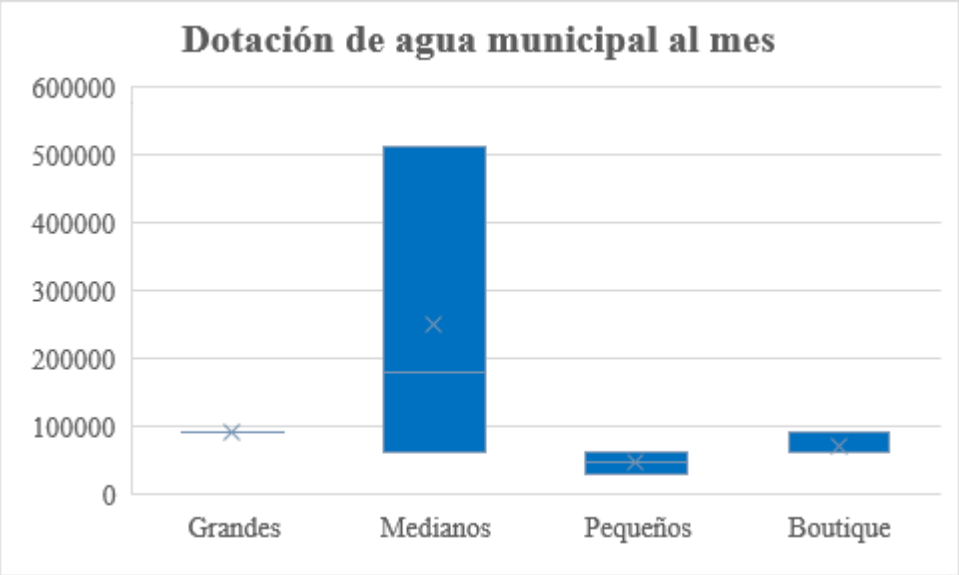
Tamaño	**Media**
Grande	113
Mediano	42
Pequeño	8
Boutique	7

Figura 73. Promedio de descargas en el sanitario por huésped al día



El promedio de descargas más alto fue de 6 por huésped al día, mientras que el más bajo fue de 2. Las medias de descargas fueron las siguientes: 4 en hoteles grandes, 3 en hoteles medianos, 2.83 en hoteles pequeños y 4 en hoteles *boutique*. Las desviaciones estándar fueron altas en todos los casos (1.42, 0.76. 1.06 y 1.73 respectivamente).

Figura 74. Dotación de agua municipal al mes reportada por el hotel. Dotación expresada en litros



La mayor dotación de agua municipal al mes reportada fue de 510,000lts, mientras que la menor fue de 30,000lts. La caja de la categoría grandes se ve de esa manera debido a que el otro hotel utilizaba agua de pozo exclusivamente para todas sus operaciones. Asimismo, la caja de la categoría medianos se ve de esa manera debido a la desviación estándar tan masiva que presenta la misma (233023.6).

Cuadro 127. Media de dotación de agua municipal al mes reportada por el hotel según su categoría. Dotación expresada en litros

Tamaño	**Media**
Grande	90,000
Mediano	250,000
Pequeño	45,000
Boutique	70,000

La desviación estándar tan amplia dentro de la categoría de hoteles grandes se explica por la diferencia pronunciada entre el número de habitaciones que ofrecía cada establecimiento, pues uno de los hoteles grandes contaba con 110 habitaciones de huéspedes, mientras que el otro ofrecía 54, un poco más de la mitad (51%). Es decir, que el segundo hotel se encuentra en la frontera entre ser clasificado como mediano y grande según nuestra segmentación de la muestra metodológica.

Es necesario aclarar que la mayoría de encuestados no contaban con las áreas exactas de los establecimientos que manejaban, por lo que una buena parte de las medidas ingresadas a la herramienta fueron estimaciones a simple vista por parte de los encuestados. Asimismo, el cálculo de la ocupación anual

de las habitaciones de huéspedes y camas se llevó a cabo con base a las estimaciones de la tasa de ocupación mensual y anual reportados en la encuesta. No obstante, las tasas de ocupación reportadas son un 20% más bajas que los datos presentados por el INGUAT (2016), ya que según esta institución el índice de ocupación anual hotelera en el departamento de Sacatepéquez fue del 81.96%. Esto podría deberse a estimaciones muy bajas por parte de los encuestados. En cuanto al promedio de noches de estadía por huésped, la muestra reportó una media de 2.42 noches. Esto resulta un 52% más alto que las cifras proporcionadas por la fuente anteriormente citada (ibidem, 2017), ya que en dicho informe se reporta que los turistas residentes pernoctan por 1.10 noches, mientras que los turistas no residentes lo hacen por 1.42 noches. Estos resultados podrían deberse a que los administradores reportaron el número de noches de estadía por huésped cuando el hotel tiene la mayor demanda.

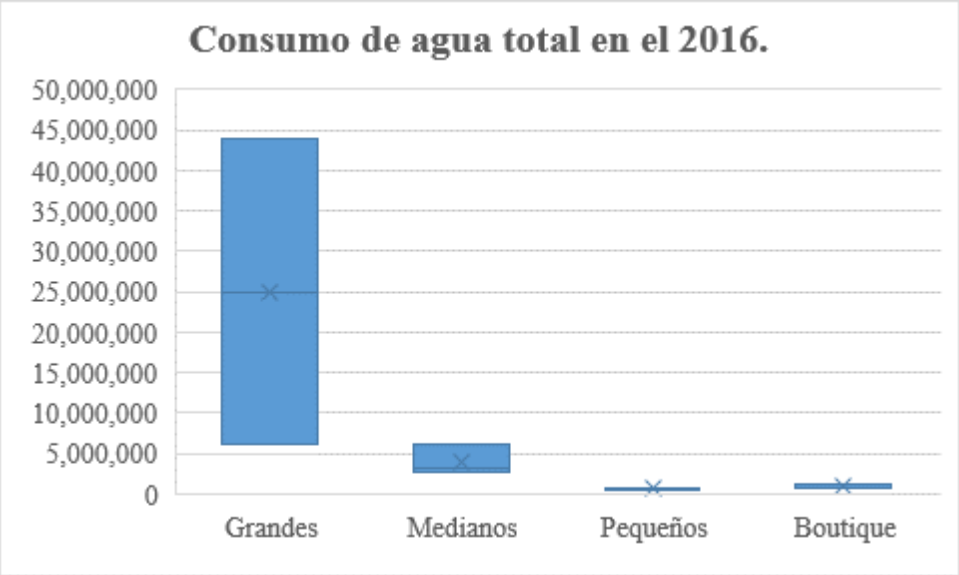
En cuanto al número de descargas reportadas por sanitario, se presenta la necesidad de exponer que éstas cifras fueron reportadas con estimaciones de los administradores, es decir, que no es un dato que refleje la realidad con total precisión. La media de descargas por huésped por día reportada por todos los establecimientos encuestados fue de 3.4. Según la *Alliance for Water Efficiency* (2016), es razonable asumir que habrá una media de 6-7 descargas por huésped, pero que no es razonable asumir que todas las descargas ocurren dentro de los sanitarios de las habitaciones. Además, la cantidad de descargas variará dependiendo del tipo de hospedaje y de cuánto tiempo el huésped esté dentro de sus instalaciones. Los resultados expuestos guardan concordancia con esta información, pues los hoteles grandes y los hoteles *boutique* (4 descargas por huésped por día) fueron los que reportaron una media de descargas mayor, mientras que los hoteles medianos y pequeños reportaron una media de 3 y 2.83 descargas respectivamente.

Las dotaciones mensuales de agua municipal reportadas parecen ser las adecuadas, sin embargo, surge la interrogante acerca de los hoteles pequeños que reportaron consumir una paja de agua (o 60,000lts) por mes, ya que parecen generar resultados inusuales dentro de la herramienta de medición de consumo de agua en hoteles. Asimismo, al ingresar a la herramienta media paja de agua mensual en vez de la paja reportada, los resultados se ajustan a la literatura referida en cuanto al consumo de los huéspedes. Esto podría explicarse por el contrato de agua municipal por el que optan estos establecimientos, ya que podrían estar consumiendo menos de la paja de agua, pero como nunca tienen excedentes, no se generan mediciones reales de su consumo mensual, o por lo menos no le ponen atención a la misma. La posible imprecisión de estos datos podría haber tenido implicaciones importantes en los resultados generados por la herramienta en cuestión. No obstante, las medias de dotación municipal parecen tener sentido, pues se reducen a medida que se baja en el tamaño del grupo de hoteles. Además, es importante mencionar que solamente uno de los hoteles grandes reportó contar con el servicio municipal de agua, sin embargo, ambos reportaron contar con un pozo para la extracción de agua del manto freático. Una observación interesante realizada por los encuestados fue la alta presencia de hierro que tiene el agua que extraen de estas fuentes, por lo que le aplican el tratamiento correspondiente y su consumo se reduce a los sanitarios y el riego de los jardines y campos del hotel. Afirmaron que es difícil utilizar esta agua para la lavandería porque lo lavado queda con “olor a huevo”. En

cuanto a los hoteles medianos, resulta comprensible que el establecimiento que menos dotación de agua municipal recibía eran aquel que contaba con un pozo propio. Por su parte, los establecimientos pequeños y los hoteles *boutique* utilizaban el agua distribuida por la municipalidad únicamente.

3. Resultados de la herramienta. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos a partir de ingresar el área total del hotel, el área total de las habitaciones, el número total de habitaciones de huéspedes, el número de habitaciones ocupadas anualmente, el número de huéspedes anuales (si estaba disponible), el área total de los salones de eventos, la dotación anual de agua: municipal, entregada (cisterna) y tratada. En el caso de que el hotel proporcionara el servicio de lavandería a través de outsourcing, se establecía cuántas toneladas métricas se enviaron a estos servicios durante el año 2016, si no se contaba con el dato, la herramienta calculaba esos datos basada en el número de habitaciones ocupadas. Asimismo, si el establecimiento extraía agua de pozo y no tenía medido cuánta agua extraía de esta fuente, la herramienta solicitaba el total de sanitarios que utilizaban esta agua para funcionar y el área total de los jardines y campos que se regaban con esta agua. Para ser más precisa, se preguntaba cuántas descargas se realizaban en todos los sanitarios por día, así como el número de semanas que se regaban los campos y jardines, y si no se tenían estos datos la herramienta calculaba el consumo de los mismos basada en promedios de consumo de la industria.

Figura 75. Consumo de agua total en el año 2016. Consumo expresado en litros

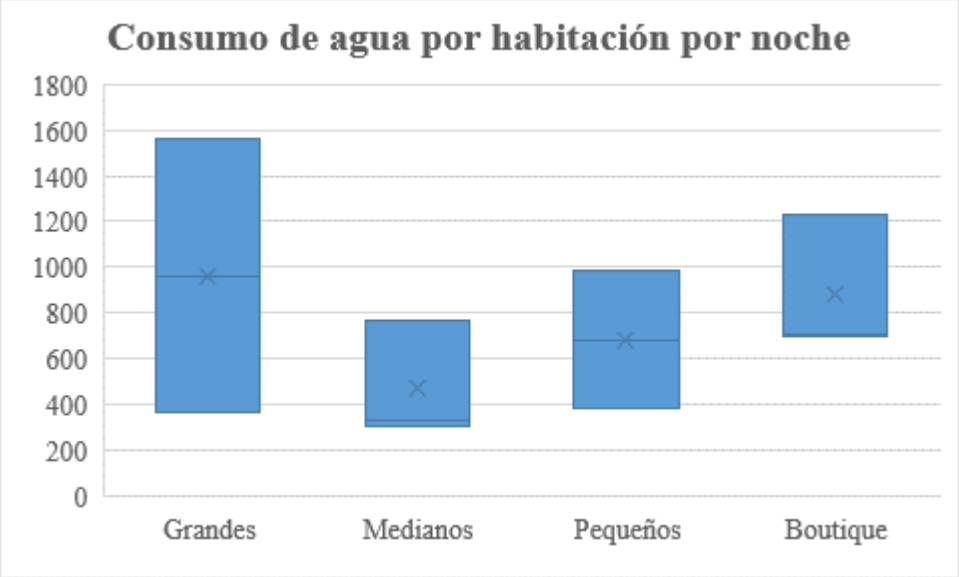


Como es posible observar, el mayor consumo anual reportado dentro de la muestra es de 43,874,400lts, mientras que el menor es de 491,318lts. La desviación estándar dentro del grupo de hoteles grandes es bastante pronunciada (26,701,008.96), mientras que las categorías de medianos (1,863,088.131), pequeños (161,702.5929) y *boutique* (207,846.0969) no reportaron desviaciones estándar tan evidentes.

Cuadro 128. Media del consumo total de agua en el año 2016 por categoría. Consumo expresado en litros

Tamaño	**Media**
Grande	24,993,935.5
Mediano	3,997,008.33
Pequeño	605,659
Boutique	840,000

Cuadro 129. Consumo de agua por habitación por día. Consumo expresado en litros

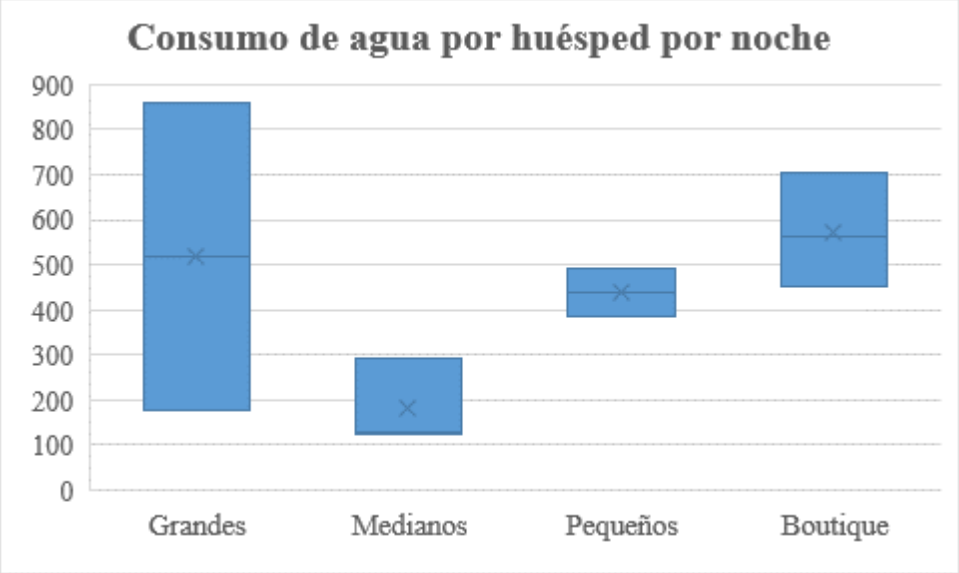


El mayor consumo de agua por habitación por noche fue reportado por el hotel con más habitaciones dentro de la muestra, con 1,563lts por habitación. El menor consumo de agua fue reportado por un hotel mediano, con 305lts. Como es posible observar, las desviaciones estándar son notables en todas las categorías, siendo las siguientes: hoteles grandes (849.235), medianos (258.194), pequeños (424.464) y *boutique* (305.13).

Cuadro 130. Media de consumo de agua por habitación por noche según categoría. Consumo expresado en litros

Tamaño	**Media**
Grande	962.5
Mediano	468.3333333
Pequeño	684
Boutique	877.6666667

Figura 76. Consumo de agua por huésped por noche

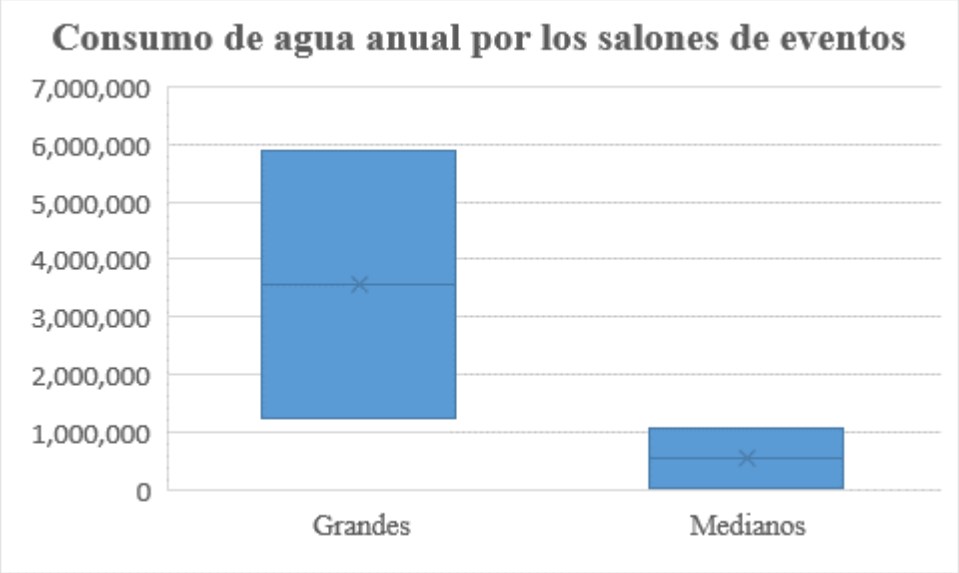


El consumo de agua por huésped por noche más alto (861lts) fue reportado por el hotel con más habitaciones, mientras que el menor consumo (129lts) fue reportado por un hotel mediano. Las desviaciones estándar son muy pronunciadas en este caso también: 482.95 para los hoteles grandes, 97.04 para los medianos, 76.36 para los pequeños y 126.77 para los hoteles *boutique*.

Cuadro 131. Media de consumo por huésped por noche según categoría. Consumo expresado en litros

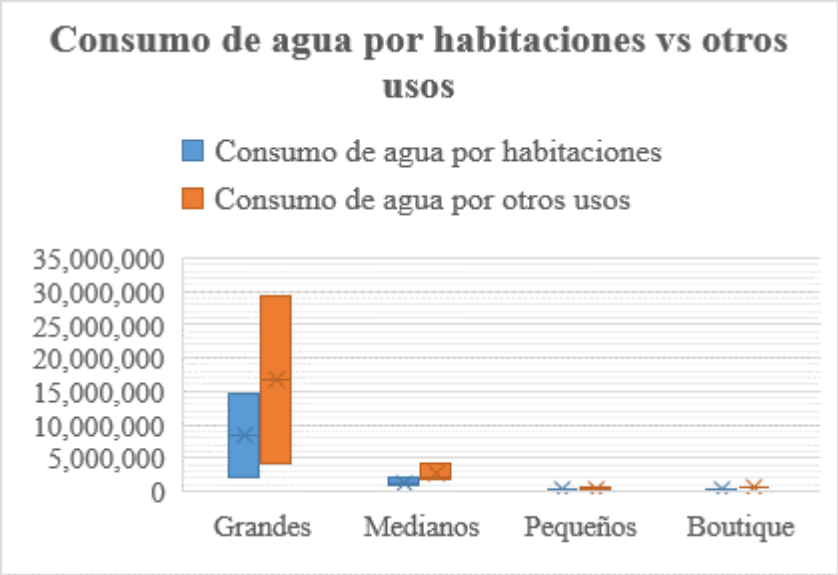
Tamaño	Media
Grande	519.5
Mediano	182
Pequeño	438
Boutique	571.67

Figura 77. Consumo de agua anual por los salones de eventos. Consumo expresado en litros



La media de consumo de agua por los salones de eventos durante el año 2016 fue de 3,564,591lts en el caso de los hoteles grandes, mientras que los hoteles medianos reportaron una media de 545,342lts. Además, es posible observar que la desviación estándar del grupo de hoteles grandes (3,267,604.783) es mucho mayor que la de hoteles medianos (728,746.37). Además, las medias de la proporción del consumo de los salones de eventos versus el consumo de las habitaciones de huéspedes fueron las siguientes: el 17% (con una desviación estándar de 0.0565) para los hoteles grandes y el 21% (con una desviación estándar de 0.275) para los hoteles medianos.

Figura 78. Consumo de agua anual por habitaciones vs. otros usos dentro del hotel. Consumo expresado en litros



En este caso es posible observar que las medias del consumo anual de agua por otros usos duplican en todos los casos a las medias del consumo anual por las habitaciones de huéspedes.

4. Consumo de agua estimado por el sector de hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala. Con respecto a nuestro universo de estudio, según los registros del INGUAT (2017), actualmente existen 172 establecimientos de alojamiento y hospedaje en el municipio de Antigua Guatemala. En términos del tamaño definido por el número de habitaciones esta cifra se divide de la siguiente manera:

Cuadro 132. Número de hoteles por tamaño en el municipio de Antigua Guatemala

Tamaño	**Cantidad**
Grande	6
Mediano	20
Pequeño	146

Es necesario aclarar que el INGUAT no cuenta con un registro de los hoteles *boutique*, por lo que se considerarán como pequeños por motivos de la estimación que se hará más adelante. Es así que la muestra reportada cubrió al 33% de los hoteles grandes, el 15% de los hoteles medianos y el 3% de los hoteles pequeños. Estos porcentajes serían más altos si se tomara en cuenta solamente a los hoteles y hostales que se encuentran dentro los márgenes de La Antigua Guatemala, sin embargo, las autoridades correspondientes no cuentan con un registro de dichos establecimientos.

Asimismo, los promedios del número de habitaciones que ofrecen las diferentes categorías de hotel son los siguientes:

Cuadro 133. Promedio de habitaciones de huéspedes según categoría en el municipio de Antigua Guatemala

Tamaño	Cantidad	SD
Grande	101.3333333	46.055
Mediano	28.2	6.70114
Pequeño	9.01369863	4.44737

Como es posible observar, las desviaciones estándar en cuanto al número de habitaciones son similares a las reportadas por la muestra: ya que los hoteles grandes reportaron una desviación estándar de 46.05 frente al 39.6 de la muestra; mientras que los hoteles medianos reportaron una desviación estándar de 6.70 frente al 8.5 reportado por la muestra y los hoteles pequeños reportaron una desviación estándar de 4.45 frente al 2.30 reportado por la muestra. Al multiplicar el promedio de los resultados por categoría del consumo de agua generado por la herramienta por el número de establecimientos que caen dentro de cada categoría se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 134. Promedio de consumo de agua anual reportado por la muestra y el consumo aproximado del universo del estudio. Consumo expresado en litros

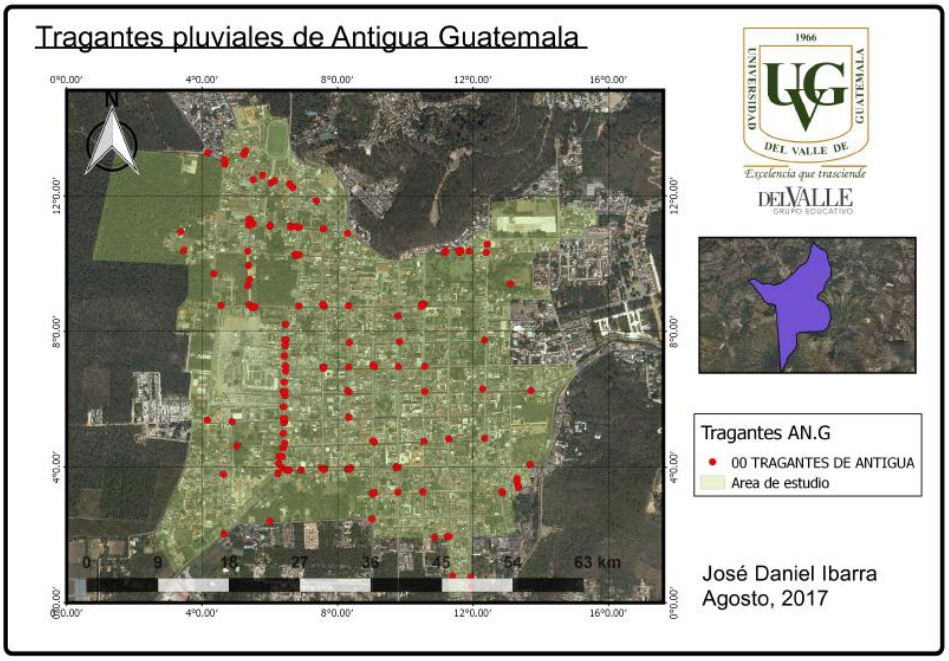
Tamaño	Cantidad	Media de consumo de agua anual (muestra)	Consumo aproximado (universo)
Grande	6	24,993,935.5	149,963,613
Mediano	20	3997008.333	79,940,166.67
Pequeño	146	722829.5	105,533,107

Según esta estimación, el sector de hospedaje y alojamiento en el municipio de Antigua Guatemala consumió 335,436,886.7lts de agua en el año 2016. Esto significaría que el consumo de agua por el sector es menor al consumo de agua reportado por los residentes del municipio (ver Cuadro 134).

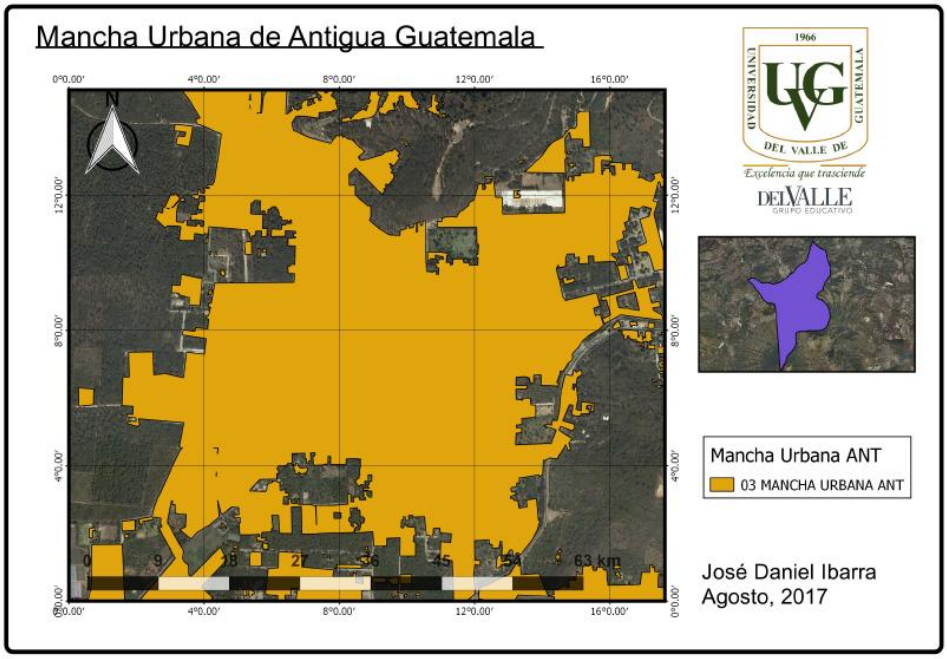
D. Drenaje pluvial

1. Mapas temáticos

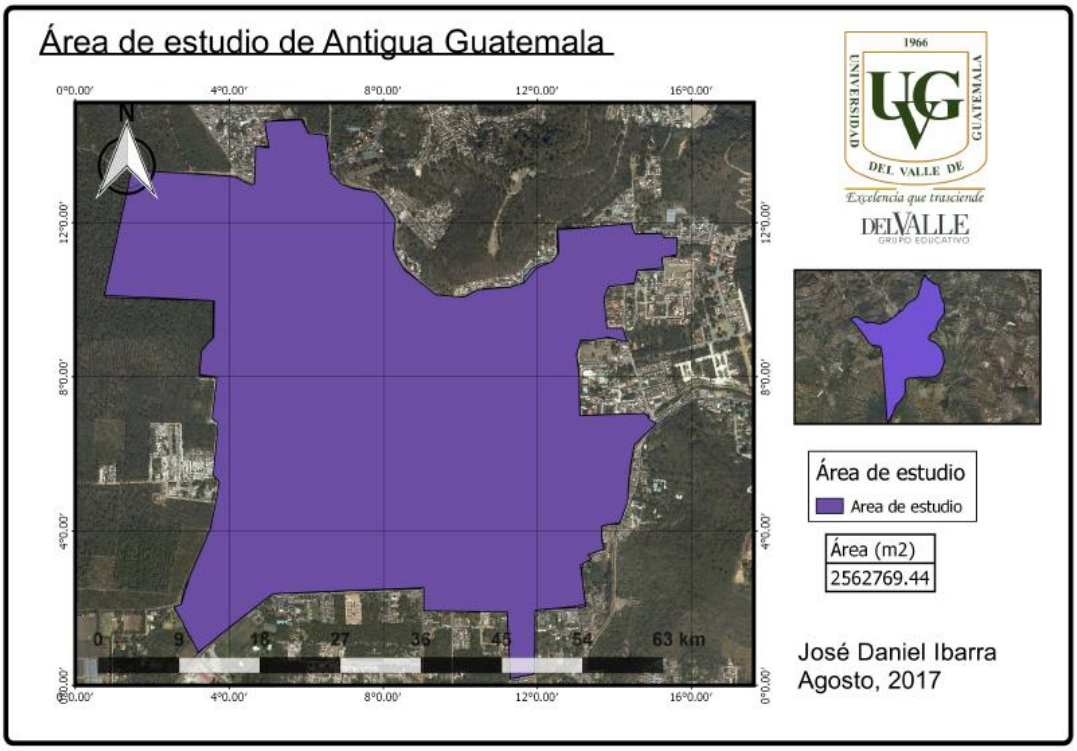
a. Mapa temático de localización las alcantarillas de Antigua Guatemala



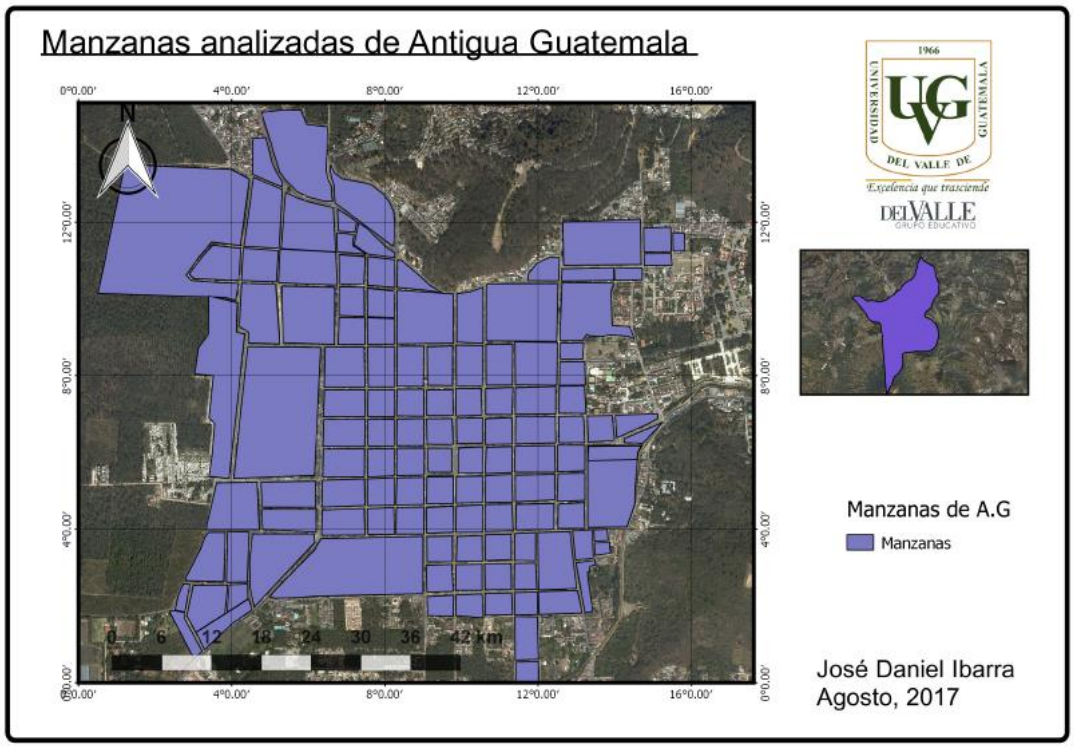
b. Mapa temático de la mancha urbana de Antigua Guatemala



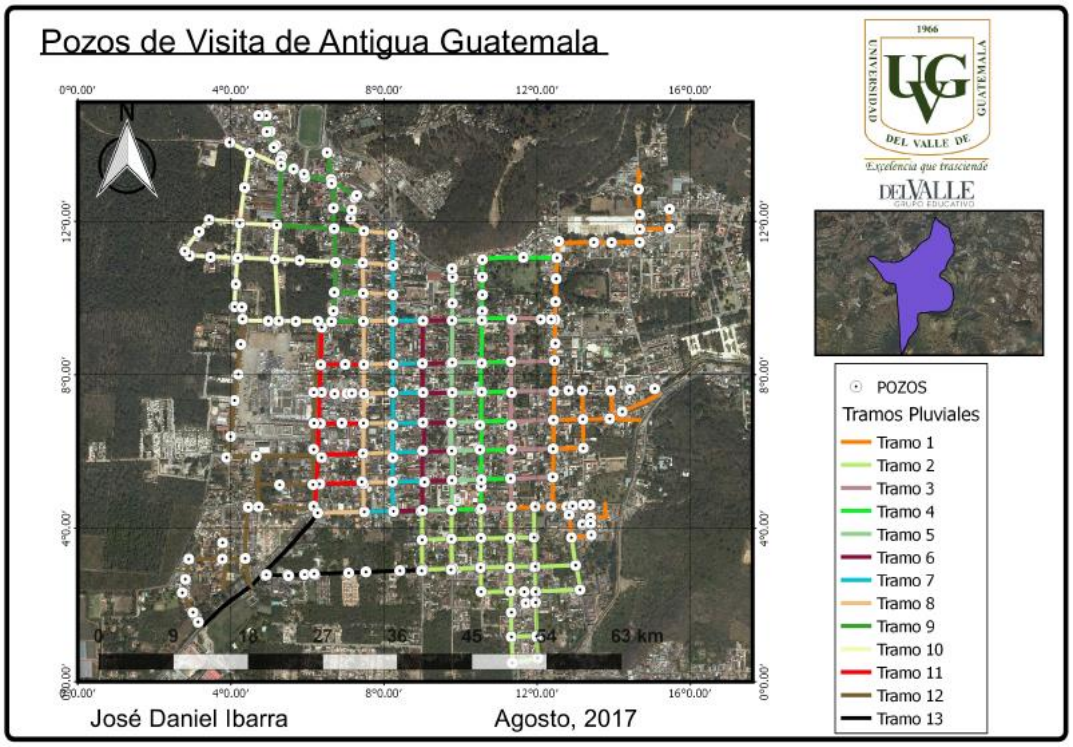
c. Mapa temático del área de estudio de Antigua Guatemala



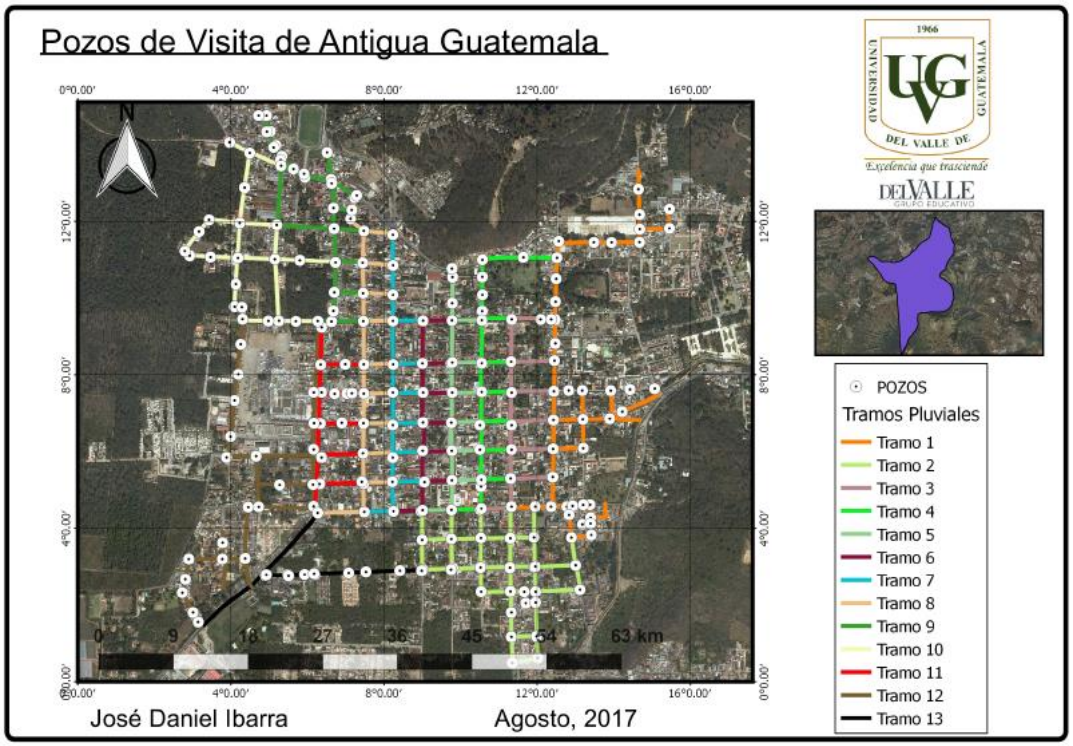
d. Mapa temático de tramos pluviales de Antigua Guatemala



e. Mapa temático de manzanas de Antigua Guatemala



f. Mapa temático de los pozos de visita de Antigua Guatemala



2. Cuadros del cálculo de tuberías pluviales

a. Tramo 1

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 1-5	132.00	12.00	0.74	0.36	0.15	0.19	0.30	0.11	0.60	0.68	120.00	136.04	136.04
P 2-3	100.00	12.00	0.01	0.26	0.08	0.00	0.22	0.06	0.29	0.61	120.00	58.06	58.06
P 3-5	112.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.10	0.51	0.60	120.00	101.88	159.94
P 5-6	50.00	12.00	0.25	0.12	0.05	0.06	0.10	0.04	0.20	0.68	120.00	45.35	205.28
P 6-9	312.00	12.00	1.74	0.57	0.37	0.44	0.49	0.28	1.20	0.70	120.00	281.42	486.70
P 9-10	62.00	12.00	0.01	0.35	0.07	0.00	0.30	0.06	0.36	0.60	120.00	71.47	558.17
P 10 - 12	228.00	12.00	0.01	1.50	0.27	0.00	1.28	0.21	1.48	0.60	120.00	296.27	854.43
P 12-14	162.00	12.00	0.01	0.80	0.19	0.00	0.68	0.15	0.83	0.60	120.00	166.40	1,020.83
P 14-15	110.00	12.00	0.03	0.55	0.13	0.01	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	115.71	1,136.54
P 15-16	112.00	12.00	0.01	0.56	0.13	0.00	0.47	0.10	0.58	0.60	120.00	116.10	1,252.64
P 23-22	97.00	12.00	0.01	0.31	0.12	0.00	0.26	0.09	0.35	0.61	120.00	71.84	71.84
P 21-22	103.00	12.00	0.07	0.35	0.12	0.02	0.29	0.09	0.40	0.62	120.00	82.81	82.81
P 22-19	111.00	12.00	0.01	0.56	0.13	0.00	0.48	0.10	0.58	0.60	120.00	116.70	271.35
P 18-19	111.00	12.00	0.01	0.40	0.13	0.00	0.34	0.10	0.44	0.61	120.00	89.54	89.54
P 19-16	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.41	0.10	0.52	0.60	120.00	103.90	464.79
P 16-17	106.00	12.00	0.01	0.56	0.13	0.00	0.48	0.10	0.57	0.60	120.00	115.30	1,832.73
P 19-20	112.00	12.00	0.10	0.40	0.13	0.03	0.34	0.10	0.47	0.62	120.00	95.80	95.80
P 20-17	105.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.09	0.50	0.60	120.00	100.00	195.81
P 17-24	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	2,137.87
P 24-35	108.00	12.00	0.01	0.53	0.13	0.00	0.45	0.10	0.55	0.60	120.00	110.60	2,248.47
P 25-26	55.00	12.00	0.01	0.21	0.07	0.00	0.18	0.05	0.23	0.61	120.00	46.67	46.67
P 27-26	55.00	12.00	0.01	0.28	0.07	0.00	0.24	0.05	0.29	0.60	120.00	58.33	58.33
P 26-31	69.00	12.00	0.01	0.16	0.08	0.00	0.14	0.06	0.20	0.61	120.00	41.81	146.81
P 31-32	71.00	12.00	0.01	0.24	0.09	0.00	0.20	0.06	0.27	0.61	120.00	54.87	201.68
P 32-34	120.00	12.00	0.01	0.70	0.14	0.00	0.60	0.11	0.71	0.60	120.00	141.33	343.01
P 34-35	57.00	12.00	0.01	0.40	0.07	0.00	0.34	0.05	0.39	0.60	120.00	77.90	420.91
P 35-54	159.00	12.00	0.01	0.76	0.19	0.00	0.64	0.14	0.79	0.60	120.00	158.30	2,827.69

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 1-5	3.85	0.06	12.00	0.30	0.07	280.61	0.48
P 2-3	3.41	0.06	10.00	0.25	0.05	172.57	0.34
P 3-5	1.41	0.01	16.00	0.41	0.13	183.36	0.87
P 5-6	1.41	0.01	16.00	0.41	0.13	183.36	1.12
P 6-9	1.41	0.01	16.00	0.41	0.13	183.36	2.65
P 9-10	2.71	0.02	18.00	0.46	0.16	444.62	1.26
P 10 - 12	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	1.27
P 12-14	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.59
P 14-15	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.65
P 15-16	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.44
P 23-22	2.49	0.04	8.00	0.20	0.03	80.87	0.89
P 21-22	2.05	0.02	10.00	0.25	0.05	103.68	0.80
P 22-19	2.40	0.02	15.00	0.38	0.11	273.42	0.99
P 18-19	2.05	0.02	10.00	0.25	0.05	103.68	0.86
P 19-16	3.03	0.02	18.00	0.46	0.16	497.10	0.94
P 16-17	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.65
P 19-20	2.07	0.02	12.00	0.30	0.07	150.80	0.64
P 20-17	1.81	0.01	15.00	0.38	0.11	206.20	0.95
P 17-24	4.76	0.02	42.00	1.07	0.89	4,258.52	0.50
P 24-35	4.76	0.02	42.00	1.07	0.89	4,258.52	0.53
P 25-26	1.76	0.02	8.00	0.20	0.03	57.19	0.82
P 27-26	2.05	0.02	10.00	0.25	0.05	103.68	0.56
P 26-31	2.07	0.02	12.00	0.30	0.07	150.80	0.97
P 31-32	2.40	0.02	15.00	0.38	0.11	273.42	0.74
P 32-34	2.71	0.02	18.00	0.46	0.16	444.62	0.77
P 34-35	1.63	0.01	18.00	0.46	0.16	267.70	1.57
P 35-54	2.87	0.01	42.00	1.07	0.89	2,563.97	1.10

b. Tramo 2

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 40-41	94.00	12.00	0.23	0.23	0.11	0.06	0.19	0.08	0.33	0.65	120.00	71.75	71.75
P 41-42	170.00	12.00	0.01	0.80	0.20	0.00	0.68	0.15	0.84	0.60	120.00	168.00	239.75
P 38-42	93.00	12.00	0.01	0.41	0.11	0.00	0.35	0.08	0.43	0.60	120.00	87.10	87.10
P 46-42	167.00	12.00	0.20	0.62	0.20	0.05	0.53	0.15	0.73	0.62	120.00	150.90	150.90
P 42-51	93.00	12.00	0.01	0.46	0.11	0.00	0.39	0.08	0.48	0.60	120.00	95.93	573.69
P 48-51	268.00	12.00	0.18	1.60	0.32	0.04	1.36	0.24	1.64	0.61	120.00	331.97	331.97
P 52-51	95.00	12.00	0.01	0.40	0.11	0.00	0.34	0.09	0.43	0.61	120.00	86.34	86.34
P 51-75	109.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	112.97	1,104.96
P 75-74	95.00	12.00	0.01	0.54	0.11	0.00	0.50	0.09	0.59	0.56	120.00	110.15	1,215.11
P 40-38	153.00	12.00	0.01	0.96	0.18	0.00	0.82	0.14	0.96	0.60	120.00	191.27	191.27
P 37-38	111.00	12.00	0.01	0.64	0.13	0.00	0.54	0.10	0.65	0.60	120.00	129.53	129.53
P 38-52	94.00	12.00	0.01	0.38	0.11	0.00	0.32	0.08	0.41	0.61	120.00	82.80	212.34
P 53-52	110.00	12.00	0.01	0.48	0.13	0.00	0.41	0.10	0.51	0.60	120.00	102.67	102.67
P 52-74	111.00	12.00	0.02	0.40	0.13	0.01	0.34	0.10	0.45	0.61	120.00	90.27	405.28
P 73-74	109.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.10	0.50	0.60	120.00	100.80	100.80
P 74-76	110.00	12.00	0.01	0.42	0.13	0.00	0.36	0.10	0.46	0.61	120.00	92.67	598.75
P 77-76	109.00	12.00	0.01	0.46	0.13	0.00	0.39	0.10	0.49	0.60	120.00	99.64	99.64
P 76-96	107.00	12.00	0.07	0.50	0.13	0.02	0.43	0.10	0.54	0.61	120.00	109.23	807.61
P 96-95	111.00	12.00	0.01	0.43	0.13	0.00	0.37	0.10	0.47	0.61	120.00	94.54	902.15
P 36-37	110.00	12.00	0.01	0.60	0.13	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	122.67	122.67
P 54-53	110.00	12.00	0.01	0.48	0.13	0.00	0.41	0.10	0.51	0.60	120.00	102.67	225.34
P 72-73	109.00	12.00	0.01	0.45	0.13	0.00	0.38	0.10	0.48	0.61	120.00	97.47	97.47
P 73-77	110.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.10	0.50	0.60	120.00	101.00	423.81
P 78-77	109.00	12.00	0.01	0.46	0.13	0.00	0.39	0.10	0.49	0.60	120.00	99.14	99.14
P 77-95	110.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.10	0.50	0.60	120.00	101.00	623.94
P 95-94	111.00	12.00	0.01	0.47	0.13	0.00	0.40	0.10	0.50	0.60	120.00	101.20	1,627.29

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 40-41	1.25	0.01	8.00	0.20	0.03	40.44	1.77
P 41-42	0.93	0.00	15.00	0.38	0.11	105.90	2.26
P 38-42	1.21	0.01	10.00	0.25	0.05	61.34	1.42
P 46-42	1.84	0.01	15.00	0.38	0.11	209.58	0.72
P 42-51	2.25	0.01	21.00	0.53	0.22	503.01	1.14
P 48-51	2.17	0.01	24.00	0.61	0.29	633.35	0.52
P 52-51	1.21	0.01	10.00	0.25	0.05	61.34	1.41
P 51-75	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	0.81
P 75-74	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	0.89
P 40-38	1.80	0.01	15.00	0.38	0.11	205.07	0.93
P 37-38	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	1.30
P 38-52	1.79	0.01	18.00	0.46	0.16	294.09	0.72
P 53-52	1.21	0.01	10.00	0.25	0.05	61.34	1.67
P 52-74	1.99	0.01	21.00	0.53	0.22	443.61	0.91
P 73-74	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	1.01
P 74-76	2.84	0.01	36.00	0.91	0.66	1,867.34	0.32
P 77-76	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	1.00
P 76-96	2.84	0.01	36.00	0.91	0.66	1,867.34	0.43
P 96-95	3.15	0.01	42.00	1.07	0.89	2,816.75	0.32
P 36-37	1.21	0.01	10.00	0.25	0.05	61.34	2.00
P 54-53	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	2.26
P 72-73	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	0.98
P 73-77	1.79	0.01	18.00	0.46	0.16	294.09	1.44
P 78-77	1.37	0.01	12.00	0.30	0.07	99.75	0.99
P 77-95	1.99	0.01	21.00	0.53	0.22	443.61	1.41
P 95-94	3.15	0.01	42.00	1.07	0.89	2,816.75	0.58

c. Tramo 3

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 12-60	164.00	12.00	0.01	1.30	0.20	0.00	1.11	0.15	1.26	0.60	120.00	250.13	250.13
P 60-59	165.00	12.00	0.01	1.00	0.20	0.00	0.85	0.15	1.00	0.60	120.00	200.00	450.13
P 14-59	160.00	12.00	0.01	0.95	0.19	0.00	0.81	0.14	0.95	0.60	120.00	191.02	191.02
P 59-58	110.00	12.00	0.01	0.55	0.13	0.00	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	114.00	755.15
P 15-58	160.00	12.00	0.01	0.95	0.19	0.00	0.81	0.14	0.95	0.60	120.00	191.02	191.02
P 58-57	110.00	12.00	0.01	0.55	0.13	0.00	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	114.00	1,060.17
P 16-57	160.00	12.00	0.01	0.95	0.19	0.00	0.81	0.14	0.95	0.60	120.00	191.02	191.02
P 57-56	110.00	12.00	0.01	0.55	0.13	0.00	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	114.00	1,365.19
P 17-56	160.00	12.00	0.01	0.95	0.19	0.00	0.81	0.14	0.95	0.60	120.00	191.02	191.02
P 56-55	110.00	12.00	0.01	0.55	0.13	0.00	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	114.00	1,670.21
P 24-55	160.00	12.00	0.01	0.95	0.19	0.00	0.81	0.14	0.95	0.60	120.00	191.02	191.02
P 55-54	110.00	12.00	0.01	0.55	0.13	0.00	0.47	0.10	0.57	0.60	120.00	114.00	1,975.22

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 12-60	1.95	0.01	15.00	0.38	0.11	222.55	1.12
P 60-59	2.71	0.02	18.00	0.46	0.16	444.62	1.01
P 14-59	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.56
P 59-58	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	1.13
P 15-58	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.56
P 58-57	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.61
P 16-57	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.56
P 57-56	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.79
P 17-56	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.56
P 56-55	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.96
P 24-55	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.56
P 55-54	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.70

d. Tramo 4

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 10-62	282.00	12.00	1.20	1.00	0.34	0.30	0.85	0.25	1.40	0.65	120.00	305.74	305.74
P 62-65	220.00	12.00	0.01	1.90	0.26	0.00	1.62	0.20	1.82	0.60	120.00	361.33	667.07
P 60-65	111.00	12.00	0.01	0.75	0.13	0.00	0.64	0.10	0.74	0.60	120.00	147.87	147.87
P 65-66	159.00	12.00	0.01	1.00	0.19	0.00	0.85	0.14	1.00	0.60	120.00	199.13	1,014.07
P 59-66	111.00	12.00	0.01	0.50	0.13	0.00	0.43	0.10	0.53	0.60	120.00	106.20	106.20
P 66-67	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,230.00
P 58-67	111.00	12.00	0.01	0.50	0.13	0.00	0.43	0.10	0.53	0.60	120.00	106.20	106.20
P 67-68	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,445.94
P 57-68	111.00	12.00	0.01	0.50	0.13	0.00	0.43	0.10	0.53	0.60	120.00	106.20	106.20
P 68-69	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,661.88
P 56-69	111.00	12.00	0.01	0.50	0.13	0.00	0.43	0.10	0.53	0.60	120.00	106.20	106.20
P 69-70	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,877.81
P 55-70	111.00	12.00	0.01	0.50	0.13	0.00	0.43	0.10	0.53	0.60	120.00	106.20	106.20
P 70-72	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	2,093.75

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 10-62	1.95	0.01	15.00	0.38	0.11	222.55	1.37
P 62-65	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	0.99
P 60-65	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.20
P 65-66	3.28	0.02	24.00	0.61	0.29	957.54	1.06
P 59-66	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.87
P 66-67	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.71
P 58-67	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.87
P 67-68	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.83
P 57-68	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.41
P 68-69	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.96
P 56-69	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.41
P 69-70	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	1.08
P 55-70	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.41
P 70-72	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	1.21

e. Tramo 5

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 87-84	195.00	12.00	0.01	1.28	0.23	0.00	1.08	0.18	1.26	0.60	120.00	252.17	252.17
P 65-84	112.00	12.00	0.01	0.60	0.13	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	123.07	123.07
P 84-83	160.00	12.00	0.01	1.00	0.19	0.00	0.85	0.14	1.00	0.60	120.00	199.33	574.57
P 66-83	112.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	113.07	113.07
P 83-82	113.00	12.00	0.01	0.60	0.14	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	123.27	810.90
P 67-82	112.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	113.07	113.07
P 82-81	113.00	12.00	0.01	0.60	0.14	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	123.27	1,047.24
P 68-81	112.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	113.07	113.07
P 81-80	113.00	12.00	0.01	0.60	0.14	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	123.27	1,160.31
P 69-80	112.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	113.07	113.07
P 80-79	113.00	12.00	0.01	0.60	0.14	0.00	0.51	0.10	0.61	0.60	120.00	123.27	1,396.64
P 70-79	112.00	12.00	0.01	0.54	0.13	0.00	0.46	0.10	0.56	0.60	120.00	113.07	113.07
P 79-78		12.00	0.01	0.60	0.00	0.00	0.51	0.00	0.51	0.59	120.00	100.66	1,610.37

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 87-84	2.40	0.02	15.00	0.38	0.11	273.42	0.92
P 65-84	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.00
P 84-83	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	0.86
P 66-83	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.92
P 83-82	3.28	0.02	24.00	0.61	0.29	957.54	0.85
P 67-82	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.92
P 82-81	3.28	0.02	24.00	0.61	0.29	957.54	1.09
P 68-81	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.50
P 81-80	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.67
P 69-80	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.50
P 80-79	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.80
P 70-79	1.49	0.01	10.00	0.25	0.05	75.48	1.50
P 79-78	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.93

f. Tramo 6

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 84-88	112.00	12.00	0.01	0.87	0.13	0.00	0.74	0.10	0.84	0.60	120.00	167.73	167.73
P 88-89	162.00	12.00	0.01	0.70	0.19	0.00	0.60	0.15	0.74	0.60	120.00	149.74	354.57
P 83-89	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 89-90	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	569.04
P 82-90	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 90-91	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	783.51
P 81-91	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 91-92	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	997.98
P 80-92	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 92-93	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,212.45
P 79-93	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 93-94	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,426.92

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 84-88	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.37
P 88-89	2.71	0.02	18.00	0.46	0.16	444.62	0.80
P 83-89	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 89-90	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	0.85
P 82-90	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 90-91	3.28	0.02	24.00	0.61	0.29	957.54	0.82
P 81-91	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 91-92	3.28	0.02	24.00	0.61	0.29	957.54	1.04
P 80-92	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 92-93	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.70
P 79-93	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 93-94	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.82

g. Tramo 7

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 107-106	116.00	12.00	0.01	0.68	0.14	0.00	0.58	0.10	0.68	0.60	120.00	137.20	137.20
P 106-105	104.50	12.00	0.01	0.77	0.13	0.00	0.65	0.09	0.75	0.60	120.00	149.57	286.77
P 105-104	104.50	12.00	0.01	0.77	0.13	0.00	0.65	0.09	0.75	0.60	120.00	149.57	436.33
P 88-104	112.00	12.00	0.01	0.87	0.13	0.00	0.74	0.10	0.84	0.60	120.00	167.57	167.57
P 104-103	162.00	12.00	0.01	0.71	0.19	0.00	0.60	0.15	0.75	0.60	120.00	151.40	755.30
P 89-103	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 103-102	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	969.77
P 90-102	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 102-101	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,184.24
P 91-101	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 101-100	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,398.71
P 92-100	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 100-99	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,613.18
P 93-99	112.00	12.00	0.01	0.49	0.13	0.00	0.42	0.10	0.52	0.60	120.00	104.74	104.74
P 99-98	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	1,827.65

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 107-106	2.20	0.01	18.00	0.46	0.16	361.89	0.38
P 106-105	3.00	0.02	21.00	0.53	0.22	670.67	0.43
P 105-104	2.67	0.01	24.00	0.61	0.29	779.38	0.56
P 88-104	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.37
P 104-103	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.44
P 89-103	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 103-102	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.56
P 90-102	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 102-101	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.68
P 91-101	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 101-100	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.81
P 92-100	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.85
P 100-99	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.93
P 93-99	1.95	0.01	15.00	0.38	0.11	222.55	0.47
P 99-98	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	1.05

h. Tramo 8

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 109-112	174.00	12.00	0.11	0.65	0.21	0.03	0.55	0.16	0.74	0.61	120.00	150.66	150.66
P 107-112	110.00	12.00	0.01	0.51	0.13	0.00	0.43	0.10	0.54	0.60	120.00	107.67	107.67
P 112-113	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	367.66
P 106-113	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 113-114	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	586.33
P 105-114	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 114-115	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	805.00
P 104-115	110.00	12.00	0.01	0.71	0.13	0.00	0.60	0.10	0.71	0.60	120.00	141.00	141.00
P 115-116	162.00	12.00	0.01	0.71	0.19	0.00	0.60	0.15	0.75	0.60	120.00	151.40	1,097.41
P 116-103	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 116-117	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	1,316.08
P 102-117	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 117-118	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	1,534.74
P 101-118	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 118-119	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	1,753.41
P 100-119	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 119-120	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	1,972.08
P 99-120	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	109.33
P 120-121	110.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.54	0.60	120.00	109.33	2,190.75

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 109-112	2.40	0.02	15.00	0.38	0.11	273.42	0.55
P 107-112	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.88
P 112-113	1.95	0.01	15.00	0.38	0.11	222.55	1.65
P 106-113	2.07	0.02	12.00	0.30	0.07	150.80	0.73
P 113-114	2.44	0.01	21.00	0.53	0.22	545.89	1.07
P 105-114	2.07	0.02	12.00	0.30	0.07	150.80	0.73
P 114-115	2.67	0.01	24.00	0.61	0.29	779.38	1.03
P 104-115	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	1.15
P 115-116	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.63
P 116-103	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.89
P 116-117	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.76
P 102-117	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.89
P 117-118	3.81	0.02	30.00	0.76	0.46	1,736.14	0.88
P 101-118	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.89
P 118-119	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.62
P 100-119	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.89
P 119-120	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.70
P 99-120	1.68	0.01	12.00	0.30	0.07	122.74	0.89
P 120-121	4.30	0.02	36.00	0.91	0.66	2,823.15	0.78

i. Tramo 9

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 109-137	95.00	12.00	0.01	0.30	0.11	0.00	0.26	0.09	0.34	0.61	120.00	69.67	69.67
P 137-136	102.00	12.00	0.01	0.92	0.12	0.00	0.78	0.09	0.88	0.60	120.00	174.57	244.24
P 110-136	60.00	12.00	0.01	0.40	0.07	0.00	0.34	0.05	0.40	0.60	120.00	79.33	79.33
P 136-135	76.00	12.00	0.01	0.86	0.09	0.00	0.73	0.07	0.80	0.60	120.00	159.20	482.77
P 137-175	113.00	12.00	0.01	0.36	0.14	0.00	0.31	0.10	0.41	0.61	120.00	83.27	83.27
P 174-175	196.00	12.00	0.01	0.50	0.24	0.00	0.43	0.18	0.60	0.61	120.00	123.21	123.21
P 108-138	95.00	12.00	0.01	0.51	0.11	0.00	0.43	0.09	0.52	0.60	120.00	104.67	104.67
P 139-138	60.00	12.00	0.01	0.40	0.07	0.00	0.34	0.05	0.40	0.60	120.00	79.33	79.33
P 138-165	142.00	12.00	0.09	1.10	0.17	0.02	0.94	0.13	1.09	0.60	120.00	217.97	401.97
P 165-167	61.00	12.00	0.01	0.60	0.07	0.00	0.51	0.05	0.57	0.60	120.00	112.87	514.83
P 170-167	185.00	12.00	0.20	2.40	0.22	0.05	2.04	0.17	2.26	0.60	120.00	450.32	450.32
P 171-167	185.00	12.00	0.01	2.40	0.22	0.00	2.04	0.17	2.21	0.59	120.00	437.66	437.66
P 167-175	10.00	12.00	0.01	0.10	0.01	0.00	0.09	0.01	0.10	0.60	120.00	19.33	1,422.15
P 175-176	227.00	12.00	0.01	1.92	0.27	0.00	1.63	0.20	1.84	0.60	120.00	366.07	1,994.70
P 176-135	140.00	12.00	0.01	1.60	0.17	0.00	1.36	0.13	1.49	0.60	120.00	295.33	2,290.03
P 112-135	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	109.73
P 135-134	112.00	12.00	0.01	0.80	0.13	0.00	0.68	0.10	0.78	0.60	120.00	156.40	3,038.93
P 113-134	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	109.73
P 134-133	112.00	12.00	0.01	0.80	0.13	0.00	0.68	0.10	0.78	0.60	120.00	156.40	3,305.06
P 114-133	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	109.73
P 133-131	112.00	12.00	0.01	0.80	0.13	0.00	0.68	0.10	0.78	0.60	120.00	156.40	3,571.20
P 115-131	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	109.73
P 131-163	48.00	12.00	0.01	0.30	0.06	0.00	0.26	0.04	0.30	0.60	120.00	60.27	3,741.20

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 109-137	1.81	0.02	8.00	0.20	0.03	58.60	1.19
P 137-136	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	2.05
P 110-136	1.45	0.01	10.00	0.25	0.05	73.32	1.08
P 136-135	1.90	0.01	15.00	0.38	0.11	216.16	2.23
P 137-175	1.45	0.01	10.00	0.25	0.05	73.32	1.14
P 174-175	1.45	0.01	10.00	0.25	0.05	73.32	1.68
P 108-138	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.88
P 139-138	2.16	0.03	8.00	0.20	0.03	70.04	1.13
P 138-165	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	1.14
P 165-167	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	1.46
P 170-167	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	0.59
P 171-167	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	0.32
P 167-175	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	1.04
P 175-176	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	1.45
P 176-135	3.40	0.01	36.00	0.91	0.66	2,231.90	1.03
P 112-135	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.92
P 135-134	3.40	0.01	36.00	0.91	0.66	2,231.90	1.36
P 113-134	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.92
P 134-133	3.77	0.01	42.00	1.07	0.89	3,366.66	0.98
P 114-133	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.92
P 133-131	3.77	0.01	42.00	1.07	0.89	3,366.66	1.06
P 115-131	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.92
P 131-163	3.77	0.01	42.00	1.07	0.89	3,366.66	1.11

j. Tramo 10

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 179-180	160.00	12.00	0.01	1.03	0.19	0.00	0.88	0.14	1.02	0.60	120.00	204.33	204.33
P 178-180	125.00	12.00	0.01	1.80	0.15	0.00	1.53	0.11	1.65	0.59	120.00	325.66	325.66
P 180-182	271.00	12.00	1.20	1.00	0.33	0.30	0.85	0.24	1.39	0.65	120.00	303.53	833.53
P 176-182	140.00	12.00	0.01	0.80	0.17	0.00	0.68	0.13	0.81	0.60	120.00	162.00	162.00
P 206-182	114.00	12.00	1.10	0.01	0.14	0.28	0.01	0.10	0.39	0.85	120.00	109.18	109.18
P 182-183	112.00	12.00	0.40	0.40	0.13	0.10	0.34	0.10	0.54	0.65	120.00	116.50	1,221.22
P 134-177	141.00	12.00	0.80	0.40	0.17	0.20	0.34	0.13	0.67	0.68	120.00	150.81	150.81
P 176-177	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	109.73
P 177-183	114.00	12.00	0.60	0.40	0.14	0.15	0.34	0.10	0.59	0.66	120.00	131.05	391.60
P 206-209	160.00	12.00	1.20	0.02	0.19	0.30	0.02	0.14	0.46	0.82	120.00	126.49	126.49
P 209-183	150.00	12.00	1.60	0.05	0.18	0.40	0.04	0.14	0.58	0.83	120.00	160.63	287.12
P 183-187	254.00	16.00	1.80	0.00	0.41	0.45	0.00	0.30	0.76	0.81	120.00	203.49	2,103.43
P 187-163	292.00	12.00	7.50	0.01	0.35	1.88	0.01	0.26	2.15	0.92	120.00	661.52	2,764.94

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 179-180	2.68	0.02	15.00	0.38	0.11	305.70	0.67
P 178-180	3.03	0.02	18.00	0.46	0.16	497.10	0.66
P 180-182	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	1.10
P 176-182	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	1.36
P 206-182	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.92
P 182-183	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	0.89
P 134-177	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	0.43
P 176-177	2.37	0.01	21.00	0.53	0.22	530.21	0.21
P 177-183	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	0.52
P 206-209	1.90	0.01	15.00	0.38	0.11	216.16	0.59
P 209-183	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	0.82
P 183-187	3.40	0.01	36.00	0.91	0.66	2,231.90	0.94
P 187-163	3.40	0.01	36.00	0.91	0.66	2,231.90	1.24

k. Tramo 11

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 163-160	501.00	12.00	4.00	0.80	0.60	1.00	0.68	0.45	2.13	0.74	120.00	522.89	7,029.04
P 160-193	227.00	12.00	2.00	0.50	0.27	0.50	0.43	0.20	1.13	0.72	120.00	272.36	7,301.40
P 187-192	501.00	12.00	5.00	1.80	0.60	1.25	1.53	0.45	3.23	0.70	120.00	754.48	754.48
P 192-193	106.00	12.00	0.01	1.00	0.13	0.00	0.85	0.10	0.95	0.60	120.00	188.53	943.02
P 193-194	106.00	12.00	0.20	0.40	0.13	0.05	0.34	0.10	0.49	0.63	120.00	101.42	8,345.84
P 159-194	227.00	12.00	0.50	1.00	0.27	0.13	0.85	0.20	1.18	0.63	120.00	245.93	245.93
P 194-197	106.00	12.00	0.20	1.00	0.13	0.05	0.85	0.10	1.00	0.61	120.00	201.25	8,793.03
P 160-158	203.00	12.00	0.01	1.09	0.24	0.00	0.93	0.18	1.11	0.60	120.00	222.93	222.93
P 158-197	227.00	12.00	0.27	1.30	0.27	0.07	1.11	0.20	1.38	0.61	120.00	279.98	9,295.94
P 197-196	38.00	12.00	0.10	0.20	0.05	0.03	0.17	0.03	0.23	0.62	120.00	47.70	9,343.64
P 196-198	198.00	12.00	0.20	1.30	0.24	0.05	1.11	0.18	1.33	0.61	120.00	269.52	9,613.17
P 198-201	211.00	12.00	0.07	0.85	0.25	0.02	0.72	0.19	0.92	0.61	120.00	187.52	9,800.69
P 201-205	280.00	12.00	0.25	1.50	0.34	0.06	1.28	0.25	1.59	0.61	120.00	322.43	10,123.11

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 163-160	4.45	0.01	54.00	1.37	1.48	6,580.37	1.07
P 160-193	4.45	0.01	54.00	1.37	1.48	6,580.37	1.11
P 187-192	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	1.00
P 192-193	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	1.25
P 193-194	4.78	0.01	60.00	1.52	1.82	8,715.06	0.96
P 159-194	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	0.70
P 194-197	4.78	0.01	60.00	1.52	1.82	8,715.06	1.01
P 160-158	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	1.87
P 158-197	5.69	0.01	78.00	1.98	3.08	17,543.63	0.53
P 197-196	5.98	0.01	84.00	2.13	3.58	21,376.93	0.44
P 196-198	5.98	0.01	84.00	2.13	3.58	21,376.93	0.45
P 198-201	5.98	0.01	84.00	2.13	3.58	21,376.93	0.46
P 201-205	5.98	0.01	84.00	2.13	3.58	21,376.93	0.47

l. Tramo 12

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 141-142	170.00	12.00	0.01	0.50	0.20	0.00	0.43	0.15	0.58	0.61	120.00	118.00	118.00
P 116-142	160.00	12.00	0.01	1.06	0.19	0.00	0.90	0.14	1.05	0.60	120.00	209.33	209.33
P 142-143	112.00	12.00	0.01	0.27	0.13	0.00	0.23	0.10	0.33	0.61	120.00	67.24	394.58
P 117-143	160.00	12.00	0.01	1.06	0.19	0.00	0.90	0.14	1.05	0.60	120.00	209.33	209.33
P 143-144	112.00	12.00	0.01	0.27	0.13	0.00	0.23	0.10	0.33	0.61	120.00	67.24	671.15
P 118-144	160.00	12.00	0.01	1.06	0.19	0.00	0.90	0.14	1.05	0.60	120.00	209.33	209.33
P 144-145	112.00	12.00	0.01	0.27	0.13	0.00	0.23	0.10	0.33	0.61	120.00	67.24	947.72
P 119-145	160.00	12.00	0.01	1.06	0.19	0.00	0.90	0.14	1.05	0.60	120.00	209.33	209.33
P 145-146	112.00	12.00	0.01	0.27	0.13	0.00	0.23	0.10	0.33	0.61	120.00	67.24	1,224.29
P 120-146	160.00	12.00	0.01	1.06	0.19	0.00	0.90	0.14	1.05	0.60	120.00	209.33	209.33
P 146-147	112.00	12.00	0.01	0.27	0.13	0.00	0.23	0.10	0.33	0.61	120.00	67.24	1,500.87

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 141-142	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	0.99
P 116-142	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	1.76
P 142-143	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	1.12
P 117-143	1.90	0.01	15.00	0.38	0.11	216.16	0.97
P 143-144	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	0.89
P 118-144	2.14	0.01	18.00	0.46	0.16	351.50	0.60
P 144-145	2.59	0.01	24.00	0.61	0.29	757.00	1.25
P 119-145	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	1.76
P 145-146	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	0.89
P 120-146	1.63	0.01	12.00	0.30	0.07	119.22	1.76
P 146-147	3.01	0.01	30.00	0.76	0.46	1,372.54	1.09

m. Tramo 13

			Area tributaria (ha)			Area Tributaria * Coeficiente							
No. Pozo	Longitud (m)	Ancho calle (m)	Jardines	Techos	Calles	Jardines	Techos	Calles	Area T (ha)	C	Intensidad (mm/h)	Caudal (L/s)	Caudal Acumulado (L/s)
P 96-144	364.00	12.00	3.17	2.10	0.44	0.79	1.79	0.33	2.91	0.66	120.00	642.52	642.52
P 144-153	237.00	12.00	1.88	1.02	0.28	0.47	0.87	0.21	1.55	0.67	120.00	348.43	990.95
P 54-72	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	5,903.60
P 72-78	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	8,107.08
P 78-94	112.00	12.00	0.01	0.52	0.13	0.00	0.44	0.10	0.55	0.60	120.00	109.73	9,827.19
P 94-98	112.00	12.00	1.10	0.52	0.13	0.28	0.44	0.10	0.82	0.68	120.00	186.21	13,067.61
P 98-121	112.00	12.00	1.10	0.52	0.13	0.28	0.44	0.10	0.82	0.68	120.00	186.21	15,081.47
P 121-147	112.00	12.00	1.10	0.52	0.13	0.28	0.44	0.10	0.82	0.68	120.00	186.21	17,458.43
P 147-153	299.00	12.00	2.10	0.90	0.36	0.53	0.77	0.27	1.56	0.69	120.00	357.49	18,806.87
P 153-205	313.00	12.00	2.15	0.98	1.20	0.54	0.84	0.90	2.27	0.68	120.00	513.86	19,320.72

No. Pozo	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Diametro (pulg)	Diametro (m)	Area de Tub.	Caudal (L/s)	Demanda/Capacidad
P 96-144	1.98	0.01	16.00	0.41	0.13	256.76	2.50
P 144-153	3.14	0.01	32.00	0.81	0.52	1,630.30	0.61
P 54-72	4.45	0.01	54.00	1.37	1.48	6,580.37	0.90
P 72-78	4.78	0.01	60.00	1.52	1.82	8,715.06	0.93
P 78-94	4.78	0.01	60.00	1.52	1.82	8,715.06	1.13
P 94-98	5.09	0.01	66.00	1.68	2.21	11,237.02	1.16
P 98-121	5.09	0.01	66.00	1.68	2.21	11,237.02	1.34
P 121-147	5.09	0.01	66.00	1.68	2.21	11,237.02	1.55
P 147-153	6.26	0.01	90.00	2.29	4.10	25,694.92	0.73
P 153-205	6.94	0.01	105.00	2.67	5.59	38,758.95	0.50

3. Análisis de resultados. Para esta investigación se realizó un análisis de los sistemas de evacuación de aguas pluviales de Antigua Guatemala, para conocer si la capacidad de estos se da abasto ante la demanda actual, por lo tanto, se delimito un área específica de estudio como se observa en el mapa temático de “área delimitada”. Para realizar este análisis se comparó el caudal de demanda, que se obtuvo a partir del caudal de diseño, contra el máximo caudal de la tubería actual. Además, se realizó un análisis de la influencia de la urbanización al proceso de escorrentía y un análisis del estado las alcantarillas. Se realizaron fichas técnicas de las alcantarillas que estaban en peor estado (ver anexos).

Es importante tomar en cuenta que para el diseño de las tuberías no se tomó en cuenta contribuyentes, como caudales de los pueblos vecinos, ni aportaciones de escorrentía que no sean del área delimitada en el mapa temático de manzanas analizadas. Además, tampoco se está tomando en cuenta el caudal de aguas sanitarias, se diseñó como que si el sistema fuera independiente.

Lo primero que se analizará es la mancha urbana, el mapa temático de mancha urbana de Antigua Guatemala muestra con claridad el cambio de uso de suelo, pasando de un suelo permeable a un suelo impermeable.

Este efecto del cambio de suelo se ve reflejado en el coeficiente de escorrentía, ya que para un suelo natural no impermeabilizado el coeficiente de escorrentía es de 0.25 y el de techos es 0.85 aumentando un 60% el factor. Esto influye al calcular el área tributaria, ya que se debe multiplicar el coeficiente por el área, lo que indica que el área tributaria para un techo aumenta un 60% a diferencia de un suelo natural, lo que provoca mayor acumulación de escorrentía. Y como consecuencia el caudal de diseño aumenta considerablemente.

El en tramo 1 se observa que los pozos P 5-6, P6-9, P 9-10, y P 10-12 están sobre pasados en su capacidad. Estos pozos se encuentran en el inicio de la primera avenida norte, donde inicia la calle para subir al cerro de la cruz en la siguiente se observa circulado el lugar que la mayoría de veces que llueve se inunda, además el mapa temático de localización de alcantarillas se observa que en esa calle no hay alcantarillas, por lo tanto, todo lo que no puedo captar el sistema de alcantarillas se queda en la superficie ocasionando inundaciones.

En los pozos P 34-35 y P35-54 se observa que nuevamente existe una saturación, lo que provoca que toda el agua acumulada se estanque en ese punto, ocasionando nuevamente inundaciones entre la primera avenida sur y séptima a calle oriente.



Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes tramos se observa un comportamiento similar, donde hay varias tuberías que en una fuerte tormenta sobre pasa su capacidad de captación, haciendo mención nuevamente que solo se está tomando en cuenta el área delimitada en el mapa temático de manzanas de Antigua Guatemala, por lo tanto, si se consideran todos los demás contribuyentes es posible que ninguna tubería cumpla con la demanda.

Un problema importante que se observó al hacer el cálculo de los diámetros de la tubería fueron las pendientes, aunque todas las velocidades cumplieron en no bajar de la mínima 0.75m/s ni pasar de la máxima 9m/s, había pendientes menores al 0.5% lo que afecta directamente a la capacidad de la sección de captar el caudal, ya que este depende del tiempo, por lo tanto, durante más lento pase el agua menor será el caudal que pase por la sección.

Otro aspecto importante es que existen varias calles que no cuentan con alcantarillas, hay pocas alcantarillas para captar la escorrentía, lo cual es otro problema grave, ya que se va acumulado la escorrentía y al llegar a una alcantarilla la escorrentía es demasiada y esta no logra captar toda la escorrentía. Esto pasa con todas las calles, por lo tanto, se forman ríos que terminan hasta la parte más baja de la antigua, que es entre la 7ª calle poniente y la Alameda de Santa Lucia, provocando que se inunde. Además, que existen varias alcantarillas en mal estado, algunas tapadas o llenas de basura, impidiendo el paso de agua, como lo muestran las fichas técnicas en anexos.

E. Drenaje sanitario

1. Pendientes de los tramos analizados.

Cuadro 135. Pendientes de los tramos analizados

Pendientes tuberías								
Tramo	h1	h2	Cis	Cie	H1 real	H2 real	Longitud	Pendiente
1 a 6	1563.41	1554.27	1.50	2.75	1561.91	1551.52	187.50	5.54%
6 a 9	1554.27	1551.52	2.75	1.60	1551.52	1549.92	314.02	0.51%
12B a 163	1546.34	1535.37	1.10	4.30	1545.24	1531.07	885.14	1.60%
187 a 163	1538.41	1535.37	3.65	5.90	1534.76	1529.47	297.87	1.78%
209 a 183	1541.77	1537.50	1.70	2.55	1540.07	1534.95	183.84	2.78%
106 a 183	1539.94	1537.50	2.10	2.75	1537.84	1534.75	586.89	0.53%
106 a 98	1539.94	1534.15	2.35	2.00	1537.59	1532.15	933.42	0.58%
163 a 147	1535.37	1529.88	6.00	2.20	1529.37	1527.68	731.10	0.23%
34 a 98	1541.77	1534.15	3.40	3.00	1538.37	1531.15	678.35	1.06%
98 a 147	1534.15	1529.88	3.00	2.40	1531.15	1527.48	283.54	1.29%
48 a 51	1536.59	1535.98	1.70	3.00	1534.89	1532.98	271.34	0.70%
74 a 96	1533.54	1530.79	3.60	1.40	1529.94	1529.39	224.09	0.24%

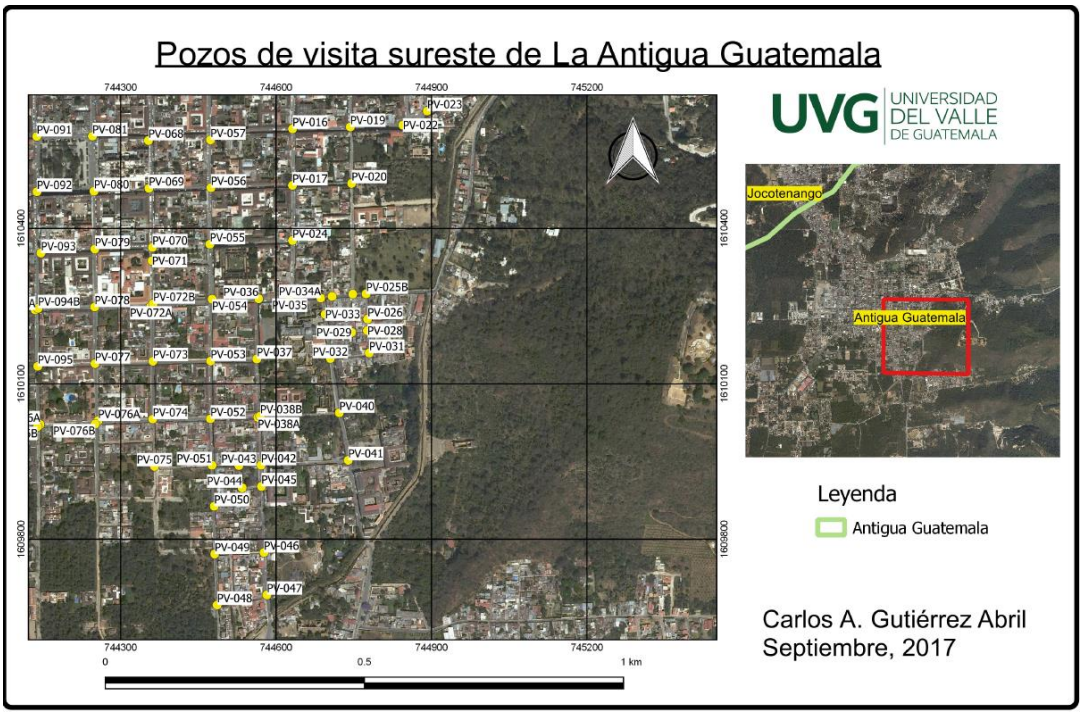
Fuente: Elaboración propia

El primer identificador de que se debe realizar un nuevo diseño de drenajes sanitarios se observa en la “Tabla 135. Pendiente de tramos analizados” que indica que la pendiente promedio más pronunciada en Antigua Guatemala es de 5.54% y la más baja es de 0.23%, es decir que las tuberías están casi al mismo nivel de entrada que de salida. El problema de la pendiente baja es que el agua no tiene un diferencial de alturas adecuado para que fluya sin problema en las tuberías, lo que produce sedimentos de sólidos dentro de las tuberías. Se detectaron fuentes de error sobre las pendientes que se midieron, margen de error que puede venir de Google Earth. Pero si se desea obtener la altura exacta de cada pozo, debe hacerse un levantamiento topográfico. Otro error se observa debido a que los pozos de visita no tenían acceso, se tomó las medidas con un láser el cual indicaba que tan profundo era el pozo. El error surge debido a que al tomar las medidas se tomaron a la altura del empedrado. Puede ser que Google Earth no tome la altura al empedrado.

2. Análisis por tramo. Al analizar el diseño hidráulico futuro, en ciertos casos, las velocidades y diámetros sí cumplen debido al crecimiento poblacional. Para que el diseño hidráulico sea el correcto, tanto el diseño de las tuberías con la población presente como el diseño con la población futura deben cumplir con los parámetros del INFOM.

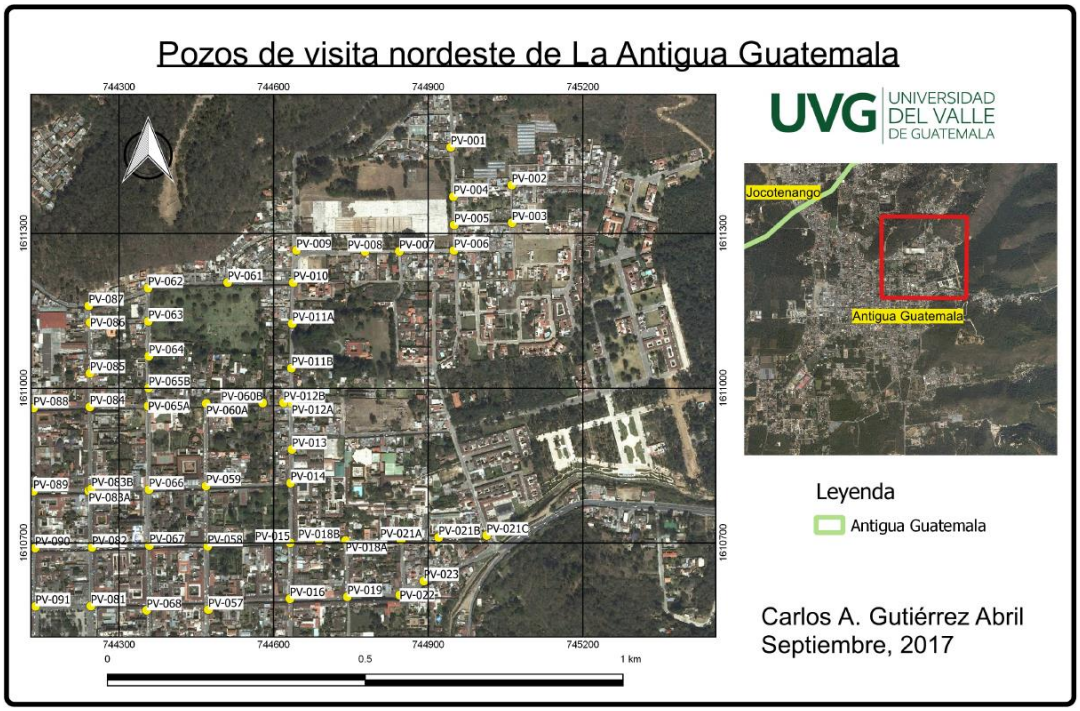
3. Ubicación y características de pozos de visita.

Figura 79. Localización de pozos de visita con indentificación en el sureste de la ciudad



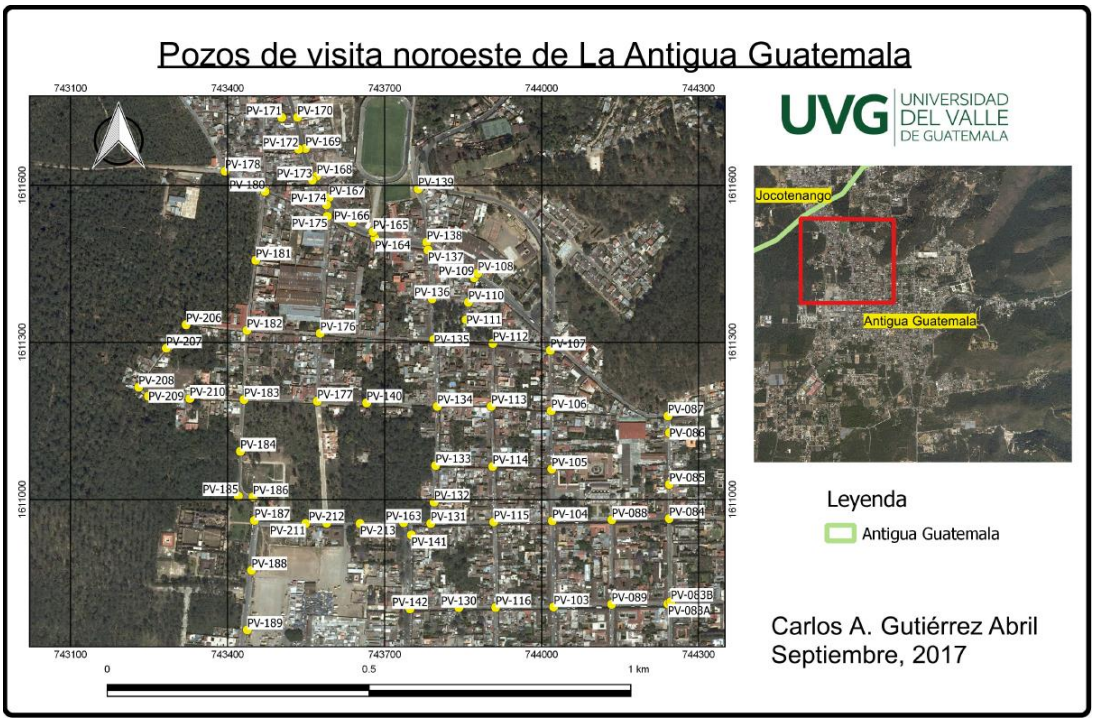
Fuente: Elaboración propia

Figura 80. Localización de pozos de visita con identificación en el nordeste de la ciudad



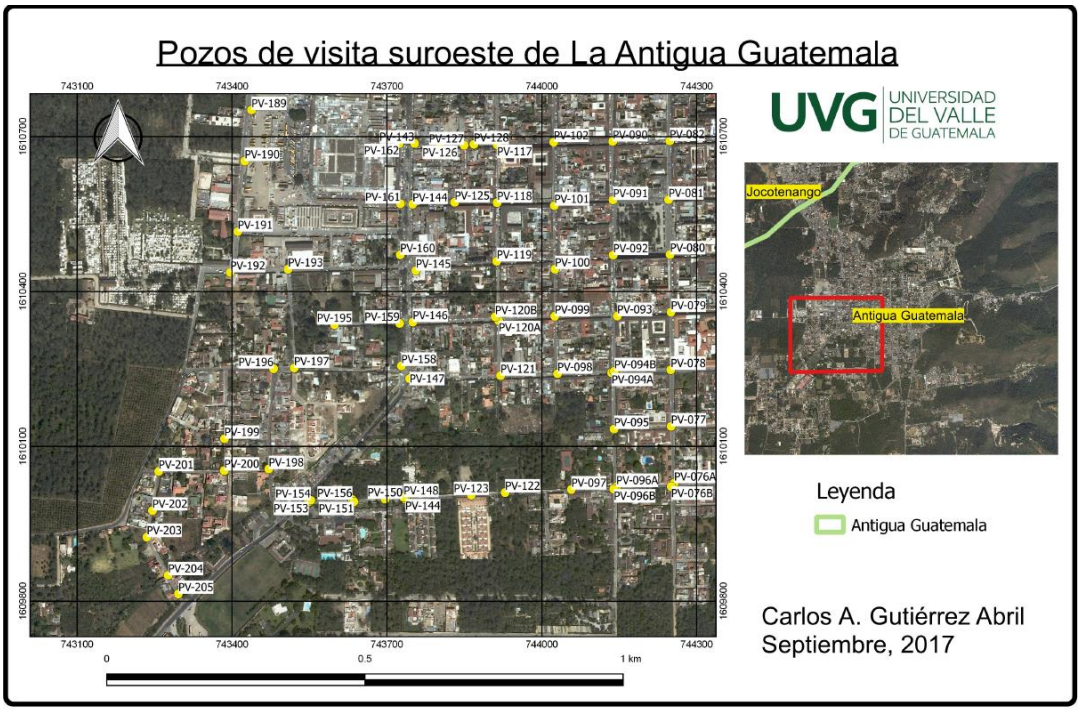
Fuente: Elaboración propia

Figura 81. Localización de pozos de visita con identificación en el noroeste de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

Figura 82. Localización de pozos de visita con identificación en el suroeste de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la ubicación de los pozos de visita, se puede observar en las figuras 79, 80, 81 y 82 que todos los pozos fueron ubicados sobre la superficie. En los planos se observan algunos pozos que tienen su numeración seguida por una letra. Los pozos que se representan con letras son aquellos que se encontraron en el trabajo de campo y no estaban escritos en el plano. Al comparar el plano actual del departamento de aguas con el plano de la investigación (Mapa temático de pozos de visita de La Antigua Guatemala), existen varios pozos que no se identificaron en la investigación debido a que se encuentran enterrados. Se señalaron únicamente los que se encuentran en la superficie ya que esta investigación redacta una guía de operación y mantenimiento y para el caso de Antigua Guatemala, los pozos en los que puede realizar el mantenimiento son los que tienen acceso desde la superficie.

Como se observa en las fichas técnicas de la investigación de campo “Anexo P. Fichas técnicas de los pozos de vista” Se redactaron las características de 16 pozos de visita. Se observó cómo es el paso del agua dentro de las tuberías y algunas fallas en el sistema de cada uno. Como se observa en las fichas técnicas la mayoría de los pozos no tienen identificación.

Además del número de pozo, la identificación debe de llevar características como las cotas invert, material, profundidad y diámetro. Estas características son necesarias en la identificación de los pozos para que los operarios que van a levantar las tapaderas conozcan que se encuentra debajo de las mismas.

En ciertos pozos, no se encontraron los sujetadores de las tapaderas para levantarlas más fácilmente, por lo que se necesitan barretas y a dos personas como mínimo para mover abrir el pozo. Además, se complicó colocar la tapadera de regreso a su posición original porque se tuvo que arrastrar en lugar de levantarla y colocarla adecuadamente.

Una vez se levantó la tapadera, se observó la presencia de cucarachas en el interior de los pozos. Es inevitable la presencia de estos insectos en un sistema sanitario, pero se puede controlar y reducir mediante el uso de veneno o limpiezas. Es importante resaltar esto ya que la ciudad es una atracción turística que cuenta con muchos hoteles, restaurantes para acoger a los visitantes. Al tener tantas cucarachas, en cualquier momento estas pueden salir de los drenajes y crear una plaga difícil de detener.

Se observó que el acceso de los pozos se encuentra en mal estado y en ciertos casos no existía, debido a que no se ha realizado un mantenimiento ni inspección del pozo en bastante tiempo. Se tienen que arreglar los accesos porque es la única manera para que los operarios ingresen y salgan de manera correcta y segura. El deterioro de los accesos se genera por la cantidad de residuos que se mantienen en el pozo y los gases que estos producen. La manera de prevenir que el acceso se dañe es mediante un programa eficiente de mantenimiento, y con ello se prevendría la generación de tantos gases tóxicos y el deterioro del acceso.

Se observaron sedimentos en la parte baja de todos los pozos. Los sedimentos se crean por la baja pendiente que existe en los tramos. Si la pendiente entre pozos fuera más alta, la velocidad del caudal impediría que se sedimentaran sólidos en los pozos. Para remover esos sólidos se necesita hacer una limpieza de las paredes y piso del pozo de visita.

En la última ficha técnica del “Anexo P. fichas técnicas de los pozos de visita” se observa que el pozo No. 96, está inundado. Cuando se levantó la tapadera, había mal olor y se observó que el flujo de agua no avanzaba. El olor se produce por la acumulación de sedimentos en fondo. En los otros pozos no se tuvo este malestar porque el flujo avanzaba y no se queda el tiempo suficiente para emitir olor. La pendiente que tiene el tramo que pasa por este pozo de visita es la segunda pendiente más pequeña con un 0.24% (como se observa en la Tabla 4. Pendientes de los tramos analizados). Se podría pensar en un nuevo diseño para evitar la inundación en pozos con esta pendiente tan baja.

Los drenajes de La Antigua Guatemala son calculados como un sistema combinado, esto quiere decir que, tanto el agua pluvial como el agua sanitaria se mezclan y fluyen dentro de la misma tubería. La ciudad, por ser un patrimonio cultural, debería de tener un sistema separativo para aprovechar de mejor manera el recurso del agua, así como para tratar las aguas negras de manera correcta. Por esta razón en la investigación se calcularon los drenajes como un sistema separativo. Existen diferentes opciones para solucionar el problema actualmente. Cada una de las opciones tiene sus fortalezas, debilidades, ventajas y desventajas. Las distintas soluciones son: Mantener el sistema actual como drenaje pluvial y diseñar un sistema de drenaje sanitario completamente nuevo; Mantener el sistema actual como drenaje sanitario y construir un sistema de drenaje pluvial; Eliminar el drenaje actual y diseñar dos sistemas de drenajes, uno de agua pluvial y el

segundo de aguas sanitarias. No es una solución crear un nuevo sistema combinado, ya que las normas actuales del INFOM prohíben la elaboración de los sistemas combinados. Las ventajas y fortalezas de las primeras opciones son que, no se debe de invertir en el diseño, construcción y planificación de un sistema completo, únicamente se mantendría el sistema actual y solo sería necesario desviar el agua al nuevo sistema antes de ingresar al actual. Las desventajas de realizar estas primeras opciones son que, como se comprueba en la investigación, el sistema actual no cumple con los límites necesarios para funcionar como un sistema de drenajes sanitarios únicamente, y difícilmente cumpliría como drenaje pluvial. Para la tercera opción las debilidades se reflejan en el factor tiempo, ya que se debe realizar otro diseño de drenajes totalmente nuevo, además que el tiempo para implementar el sistema sería más prolongado. Una ventaja es que, si se realizará un sistema, se aprovecharía la excavación para instalar el segundo y tendríamos un ahorro en este ámbito, también que el mismo personal estaría trabajando en ambos sistemas simultáneamente. Existen varios factores que afectan estas opciones, aun así, se deben tomar en cuenta para tener un mejor sistema de drenajes en el casco urbano de Antigua Guatemala.

En cuanto a las descargas que se generan por nuevas colonias en los alrededores de la ciudad, estas no se incorporan al sistema del casco urbano pues cuentan con plantas de tratamiento propias y no aportan aguas residuales al sistema actual. Se debe verificar y controlar las descargas de aldeas aledañas para evitar que se incorporen al sistema de drenajes de la ciudad y causar problemas inesperados.

F. Plantas de tratamiento de aguas residuales

1. Análisis del documento “Assessing decentralized wastewater treatment options in Santa Barbara County”.

El siguiente es un trabajo realizado en la Universidad de California, Santa Barbara cuyo título en español es: Evaluación de las opciones descentralizadas de tratamiento de aguas residuales en el Condado de Santa Bárbara, realizado por Kiernan Brtalik, Marina Feraud, Kevin Huniu, Dana Jennings, Howard Kahan y Geneva Travis. El proyecto se trataba sobre evaluar varias opciones de plantas de tratamiento de aguas residuales descentralizadas en distintos aspectos, como son los económicos, sociales y ambientales; cado uno se desglosa de forma más específica. En la Figura 83 se puede observar donde se ubica el Condado de Santa Barbara, California.

Figura 83. Localización del Condado de Santa Barbara



Fuente: (Google Maps)

El estudio se basa en la creación de un matriz para la selección de un sistema descentralizado, evaluando 11 tecnologías, las cuales se califican en los aspectos antes mencionados. Esta matriz se realizó simple para su fácil entendimiento, utilizando un código de color. El color verde un rango alto, el amarillo medio y el rojo bajo; además se utilizan los números 3,2,1 respectivamente. El artículo menciona que muchos de los datos a utilizar se obtuvieron por medio de fuentes bibliográficas, profesionales, ingenieros, entre otros; por lo que la estandarización de los resultados es muy difícil, pero da una idea general de cada una de las tecnologías.

Cuadro 136. Ejemplo de la evaluación utilizada en la Matriz

Categoría de evaluación			Grupo de tecnologías según tratamiento		
			Tecnología 1	Tecnología 2	Tecnología 3
Económico	Operación y mantenimiento	Materiales	1	2	1
		Requerimientos de energía	2	1	2
		Mano de obra operativa	3	3	2

Fuente: (Brtalik & Feraud, 2012)

Como se puede observar en el cuadro anterior, la forma de mostrar los resultados es muy fácil de entender y de forma más amena para el lector. Posteriormente se describirán cada una de las categorías de evaluación que se utilizó en el proyecto, conjunto a sus subdivisiones.

a. Aspecto económico. Este aspecto intenta describir las consideraciones de la inversión inicial como el costo a largo plazo del sistema a utilizar. Este está dividido en subcategorías las cuales son: Inversión inicial, Operación y mantenimiento y regulaciones, cabe mencionar que no se va a tratar las regulaciones debido a que no aplican en nuestro ámbito nacional.

Inversión inicial: incluye el costo asociado con el requerimiento de tierras como el costo de la infraestructura.

- Requerimiento de tierra: Cada sistema requiere una cantidad distinta de tierra para poder tratar las aguas residuales. Método de calificación: Verde – Sistemas con menos de 2.32 m^2 por galones por día, Amarillo – Sistemas entre 0.02 m^2 y 0.07 m^2 por galones por día, Rojo – Sistemas que requieren más de 0.07 m^2 por galones por día.
- Costo de construcción: Considera el costo para la preparación del lugar para la construcción del sistema como el proceso del mismo. Método de calificación: Verde – Sistema relativamente barato, Amarillo – Sistema con un precio moderado, Rojo – Sistemas altamente costoso.

Operación y mantenimiento: se refiere al costo anual de mantenimiento del sistema, este incluye los materiales, el requerimiento de energía y mano de obra operacional.

- Materiales: Considera el costo del sistema de mantenimiento, los repuestos, monitoreo, remoción de biosólidos, y químicos adicionales para el tratamiento. Método de calificación: Verde – Sistema que requiere pocos materiales, Amarillo – Sistema que requiere cantidad media de materiales, Rojo – Sistema que requiere una cantidad alta de materiales altamente costoso.
- Requerimiento de energía: Se considera la cantidad de energía a utilizar para tratar las aguas residuales, normalmente los sistemas pasivos como los biológicos requieren poca energía a comparación con los sistemas activos. Método de calificación: Verde – Sistema con una energía esperada menos de Q.1.82 por mil galones tratados, Amarillo – Sistema con una energía esperada entre Q.1.82 y Q.7.29 por mil galones tratados, Rojo – Sistemas con una energía esperada mayor a Q.7.29 por mil galones tratados. *La tasa de cambio utilizada fue de 7.29349 del día 21 de julio de 2017, obtenida del Banco de Guatemala.
- Mano de obra operacional: Se refiere al costo de los salarios de los empleados para que funcione correctamente el sistema. Método de calificación: Verde – Sistema que no requiere de empleados, Amarillo – Sistema que requiere un operador de medio tiempo, Rojo – Sistema que requiere operarios de tiempo completo.

b. Aspecto ambiental. Este aspecto describe el rendimiento esperado del sistema de tratamiento a utilizar. Las subcategorías son las siguientes: Confiabilidad, Rendimiento, Restricciones del sitio y Entorno natural.

- Confiabilidad: Se refiere al nivel de variación posible de la salida del efluente. Método de calificación: Verde – Sistema con una mínima variación del efluente, Amarillo – Sistema con una variación dependiente de la variación estacional, Rojo – Sistema con una probabilidad alta de variación del efluente (Brtalik & Feraud, 2012).
- Rendimiento: Se refiere a la habilidad del sistema para remover nutrientes y patógenos que contenga el agua. Los indicadores que incluye son los sólidos suspendidos totales, la concentración total de nitrógeno, DBO y la remoción de patógenos.
    - Solidos suspendidos totales: Está medido por la cantidad de miligramos contenido en un litro de agua. Método de calificación: Verde – Debe contener menos de 30 miligramos por litro, Amarillo – No sé utiliza este indicador, Rojo – El que no cumpla con el inciso verde.
    - Concentración total de nitrógeno: Esta medido por la concentración de nitrógeno en un litro de agua. Método de calificación: Verde – Contenido total de nitrógeno menos de 5mg/L, Amarillo – Contenido total de nitrógeno entre 5 y 10mg/L, Rojo – Contenido total de nitrógeno que excede 10mg/L.
    - DBO: Mide la cantidad de oxígeno disuelto necesario para que los organismos aeróbicos puedan degradar el material orgánico contenidos en el agua. Está expresado en miligramos por litro. Método de calificación: Verde – Menos de 10mg/L de DBO, Amarillo – Menos de 30mg/L de DBO, Rojo – No cumple con la normativa utilizada.
    - Remoción de patógenos: Se mide principalmente los coliformes totales expresados en la cantidad de colonias presentes en 100 mililitros de agua. Método de calificación: Verde – El sistema tiene que reducir la cantidad de coliformes fecales en 3 log, Amarillo – Sistema que lograr reducir en 2 log, Rojo – Sistema que lograr reducir menos de 2 log de coliformes fecales.
- Restricciones de suelo: Se refiere a las características físicas del sitio que se deben considerar para que el sistema pueda trabajar eficientemente. Se divide en: Suelo y Pendiente.
    - Suelo: Se refiere al nivel en que afecta las características del suelo para el funcionamiento del sistema, entiéndase porosidad o un tipo de suelo en específico. Método de calificación: Verde – Sistema que no posee requerimientos específicos de suelo, Amarillo – Sistema que posee requerimientos mínimos de suelo, Rojo – Sistema que posee grandes requerimientos de las características del suelo.
    - Pendiente: Se refiere al nivel en que la pendiente o inclinación afecta directamente a la habilidad del sistema para funcionar correctamente. Método de calificación: Verde –

Sistema que no depende de la pendiente, Amarillo – Sistema con requerimientos flexibles de pendiente, Rojo – Sistema con requerimientos excesivos de la pendiente.

- Creación potencial de un hábitat: Se refiere al potencial del sistema para proporcionar condiciones para la generación de un micro ecosistema. Método de calificación: Verde – Sistema que proporciona un hábitat para flora y fauna, Amarillo – Sistema que tiene un impacto neutral en el hábitat, Rojo – Sistema que tiene un impacto negativo en el hábitat.

c. Aspecto social. Este aspecto describe el potencial del sistema en afectar las cercanías de la comunidad o vivienda. Está dividida en cuatro subcategorías: Estética, Oportunidad de educación, Propiedad y participación y Calidad de vida; cada una se encuentra dividida en otros parámetros.

- Estética: Se refiere al impacto sensorial de los sistemas. Se divide en: Visual, olor y ruido.
    - Visual: Se basa en la habilidad del sistema para afectar el paisaje. Método de calificación: Verde – Sistema que mejorar el aspecto visual del lugar, Amarillo – Sistema que no posee impacto visual, Rojo – Sistema que impacta negativamente el lugar.
    - Olor: Algunos de los sistemas se caracterizan en tener un mal olor por la utilización de microorganismos para degradar la materia orgánica. Método de calificación: Verde – No hay olor asociado al sistema, Amarillo – Sistema que tiene el potencial de generar olores dependiendo la estación, Rojo – Sistema que poseen malos olores por la actividad orgánica.
    - Ruido: Algunos de los sistemas posee ruido, debido a las partes mecánicas, los sistemas pasivos no contienen este problema. Método de calificación: Verde – No genera ruido, Amarillo – Ruido mínimo, Rojo – Genera una cantidad significativa de ruido.
- Oportunidad de educación: Se refiere si el sistema puede ser usado para la educación de la comunidad, y mostrar el proceso de la limpieza del agua. Método de calificación: Verde – Genera oportunidad de educación, Amarillo – Este parámetro es conferido, Rojo – No genera oportunidad de educación.
- Propiedad y participación: Se refiere a la cantidad de supervisión por parte del dueño del sistema. Mientras más complejo el sistema, mayor supervisión se necesita. Método de calificación: Verde – Mínima supervisión, Amarillo – Monitoreo más frecuente y mantenimiento requerido, Rojo – Requiere extensa supervisión por parte del dueño como un operador para que funcione.
- Calidad de vida: Se refiere a los términos de salud de la comunidad en la probabilidad de contacto con vectores.
    - Riesgo de contacto con vectores: Se refiere a la probabilidad que los humanos entren en contacto con enfermedades transmitidas por vectores (mosquitos). Método de calificación: Verde – No existe riesgo de contacto con vectores, exceptuando un mal

funcionamiento, Amarillo – Riesgo mínimo de contacto con vectores, Rojo – Alto riesgo de contacto con vectores.

Los grupos de tecnologías evaluadas fueron: los tratamientos subsuperficiales, construcción de humedales, y sistemas prefabricados y modulares. Como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 137. Agrupamiento de tecnologías por proceso de funcionalidad utilizado

Tratamientos subsuperficiales			Construcción de humedales				Sistemas prefabricados y modulares			
Leachfield	Mound system	Evapotranspiration	Subsurface horizonal flow	Free water surface	Tidal Flow Living Machine	Recirculating vertical flow (VF)	Recirculating Filters		Membrane Bioreactores	Activated sludge system
							Sand or gravel	Advanced Media		

Fuente: (Brtalik & Feraud, 2012)

En este documento se obviarán los sistemas prefabricados y modulares además del Tidal Flow Living Machine y Recirculating vertical Flow (VF) debido a la gran cantidad de materiales para su construcción, además de la inversión inicial para la preparación del terreno, los requerimientos energéticos y la mano de obra operativa necesaria para hacerlos funcionar correctamente. Debido a que se busca que no necesite gran mantenimiento, además el capital municipal reducido que existe para el desarrollo de dichas tecnologías en Antigua Guatemala. Solamente se tomarán en cuenta las primeras cinco tecnologías en la matriz que se realizó.

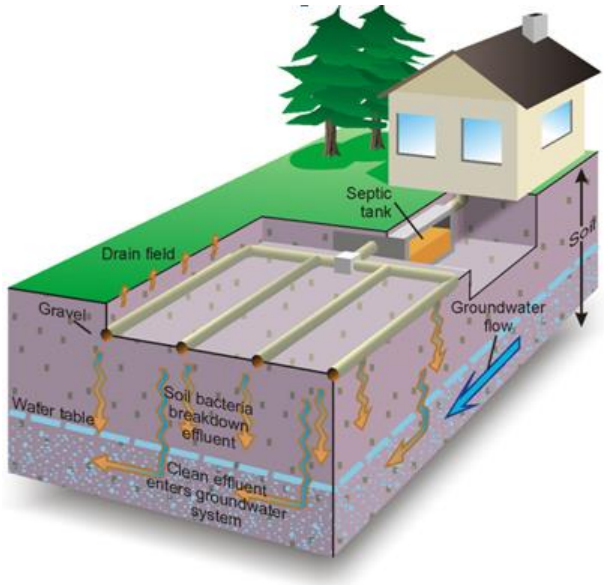
d. Tratamientos subsuperficiales.

1) Campo filtrante (Leach Field). El campo filtrante viene acompañado por un tanque séptico, este sistema es uno de los más eficientes vs costo que existe actualmente para tratar el agua residual doméstica. El tanque séptico consiste en un contenedor cerrado que provee tratamiento primario, separando solidos del agua residual. La forma en que los remueve es por medio de sedimentación en el fondo del tanque, mientras que las grasas y aceites se mantienen flotando en la parte superior. Para que el mecanismo funcione correctamente el agua debe estar almacenada en el tanque por lo menos 24 horas (Lesikar, 2012).

Algunos sólidos son digeridos, pero la mayoría se retienen en el tanque descomponiéndose, por lo que se deben remover periódicamente, para su mejor funcionamiento; como también la remoción de las grasas. Posteriormente del tanque séptico se encuentra el campo filtrante, este provee un tratamiento final de las aguas residuales. Este campo convencionalmente consiste en tuberías perforadas rodeadas por grava y

cubiertas por un geotextil. Este sistema depende muchos de los microrganismos que viven en los suelos para degradar la materia orgánica y los nutrientes del agua residual Si el sistema se utiliza correctamente puede reducir un 65% el DBO, un 70% de los sólidos suspendidos y entre 70 a 80% las grasas y aceites (Lesikar, 2012).

Figura 84. Esquema de un tanque séptico con campo filtrante

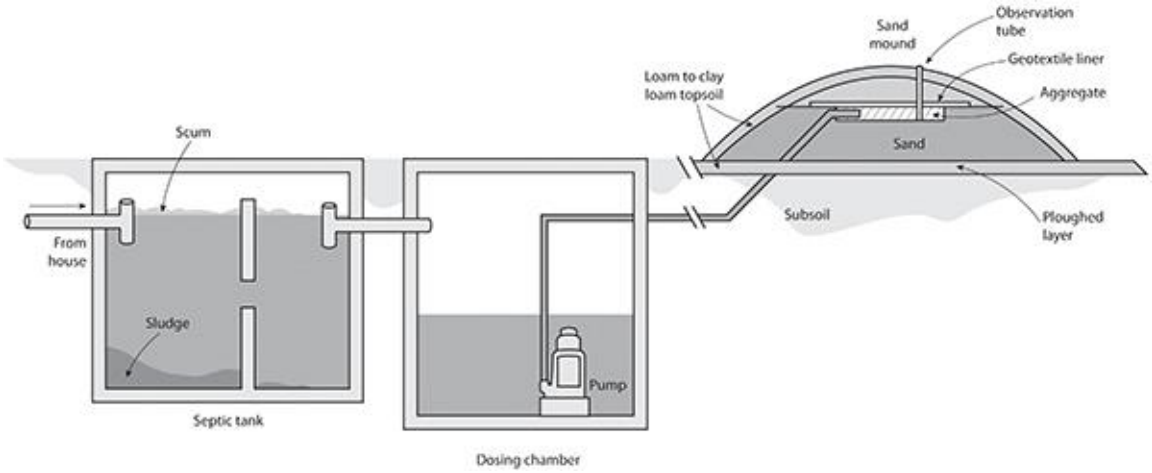


Fuente: (Gensch, Eawag, & Sacher, 2014)

2) Sistema de montículo (Mound system) . El sistema de montículo se creó en Dakota del Norte en 1940, para ser utilizado en suelos donde el tanque séptico no podía funcionar correctamente. Existen distintos mecanismos de montículos, pero uno de los convencionales es el diseño de la Universidad de Wisconsin-Madison. El sistema se compone por tres partes: la unidad de pretratamiento, la cámara de dosificación y el montículo elevado. Este sistema tiene la ventaja de utilizar suelos que otras tecnologías no pueden, además que funciona en la mayoría de los climas y no tiene una descarga directa con cuerpos de agua (EPA, Decentralized Systems Technology Fact Sheet Mound Systems, 1999).

El sistema tiene muchas ventajas, pero todos los mecanismos requieren un sifón o una bomba para funcionar, además que el montículo reduce el terreno disponible y reduce la estética del paisaje. Los montículos se recomiendan que no contengan una pendiente mayor a 25%, por razones de seguridad (EPA, Decentralized Systems Technology Fact Sheet Mound Systems, 1999).

Figura 85. Esquema de un sistema de montículo tipo Wisconsin



Fuente: (WaterNSW, Sand Mounds, 2015)

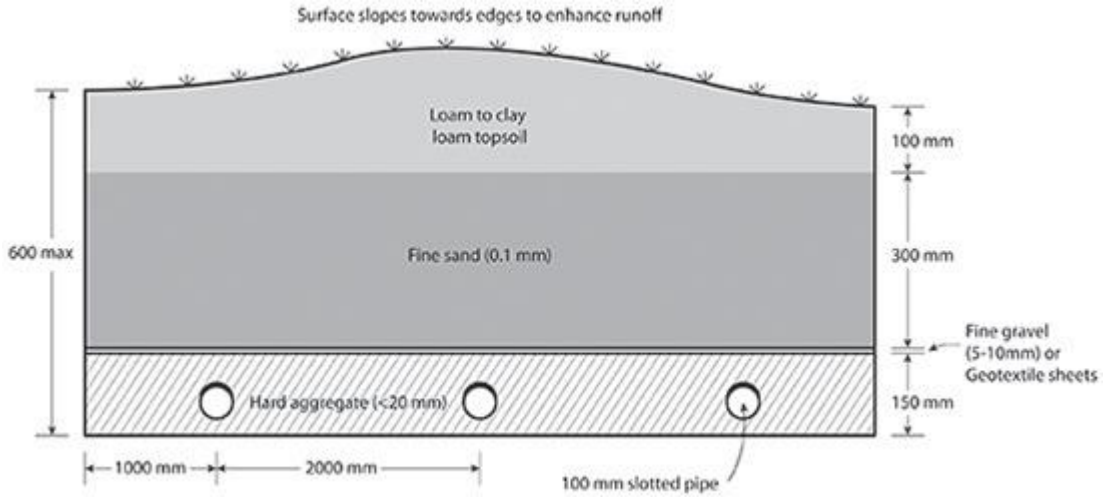
3) Evapotranspiración (Evapotranspiration). La evapotranspiración (ET) es un método alternativo a los convencionales que funcionan por medio de la absorción de los suelos; ET es un método factible para climas semiáridos donde la evaporación anual excede a la precipitación anual. Existen tres principales sistemas de evapotranspiración que son: ET, evapotranspiración/absorción (ETA) y mecánico (EPA, 2000).

El primer sistema es el más común, este consiste en una unidad de pretratamiento para la eliminación de sólidos por sedimentación y además una cama de arena con tubería de distribución. En la cama de arena debe existir vegetación para aumentar el proceso de transpiración. La tubería de distribución se coloca debajo de la cama de arena para que el agua suba a la superficie por capilaridad y luego escapar por medio de la evaporación. Por otro lado, las plantas ayudan de la misma manera absorbiendo el agua y llevándola a las hojas, donde es transpirada (EPA, 2000).

El segundo sistema llamado ETA es exactamente lo mismo que ET, pero agrega la percolación, para que el agua residual se descargue a la atmosfera como también al subsuelo. Mientras los sistemas ET mecánicos utilizan cilindros o discos en rotación para la evaporación de las aguas residuales. Cabe mencionar que utilizan poca energía eléctrica y poco mantenimiento por lo que es una opción factible en zonas semiáridas (EPA, 2000).

El sistema por medio de evapotranspiración se puede utilizar en lugares donde el suelo es un problema, donde está en riesgo la contaminación del manto freático por la infiltración del agua residual, además tiene un buen rendimiento en zonas semiáridas y áridas. Por la utilización de vegetación este sistema no daña la estética del paisaje. Por otro lado, es muy susceptible al cambio climático ya que depende de la precipitación, humedad, radiación solar y temperatura. Tiene la desventaja de las irregularidades y de la utilización de grandes áreas para su funcionamiento (EPA, 2000).

Figura 86. Esquema de un sistema de Evapotranspiración/absorción (ETA)



Fuente: (WaterNSW, 2015)

e. Construcción de humedales.

1) Flujo horizontal subsuperficial (Subsurface horizontal flow). Los humedales de superficie libre son diseñados específicamente para tratar algunos tipos de aguas residuales, estos son construidos mediante un canal que contiene un material apropiado residiendo en él. La principal ventaja de la utilización de este sistema en comparación de los humedales de superficie libre es que previenen los mosquitos y los olores, eliminando la probabilidad que exista contacto con el público con las aguas residuales (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow, 2000).

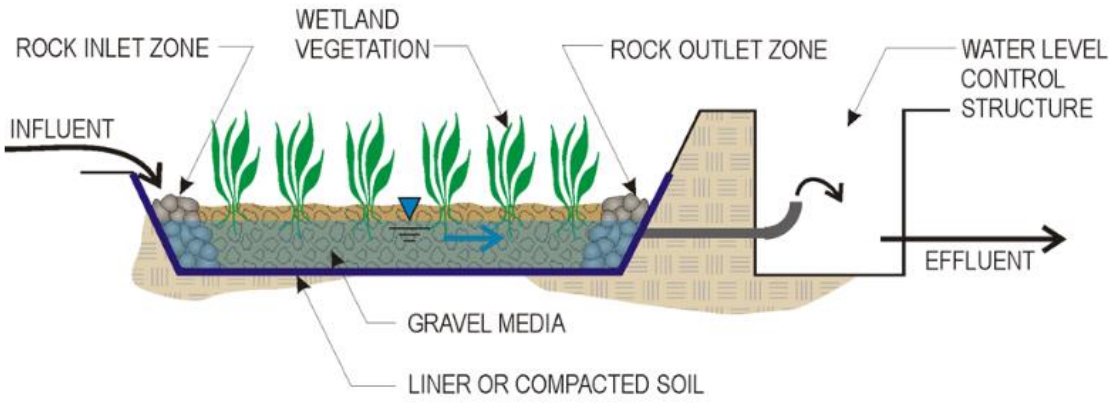
Estos sistemas son copias de los humedales naturales que se han observado a lo largo de la historia, esto es debido a que el agua se miraba cada vez más limpia y con menos turbiedad. Estos sistemas son recomendados para casas individuales, complejo de apartamentos, parque y otras áreas de recreación; por el contrario, no se utilizan comúnmente para grandes sistemas municipales debido a que el costo de la roca puede ser significativa por las grandes extensiones (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow, 2000).

Los humedales de este tipo normalmente tienen profundidades entre 30 a 90 centímetros, mientras que rocas más utilizadas para colocar en el canal son combinaciones de dos tipos de diámetros de 1/2” y 3/2”. El canal debe poseer una capa impermeable de algún geotextil, muchas veces es suficiente la utilización del suelo del lugar y compactarlo. Por otro lado, se utilizan comúnmente tres tipos de especies para los humedales las cuales son: *Typha latifolia, Scirpus y Phragmites;* la utilización de cada una depende del clima, si la especie sirve de alimento para animales, entre otras (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow, 2000).

Estos sistemas son muy efectivos para la remoción del DBO, de los sólidos totales suspendidos y de metales; ya sea de forma aeróbica o anaeróbica. El único problema radica en la remoción del amoniaco debido a que esto sucede mediante la nitrificación y no se puede dar por la falta de oxígeno ya que las bacterias para realizar este proceso necesitan una gran cantidad del mismo, por lo que en algunos casos se realizan modificaciones al sistema integrando tubos de aireación (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow, 2000).

Los efluentes antes de ingresar a los humedales necesitan de un tratamiento primario ya sea mediante tanques sépticos o de tanque Imhoff. Una ventaja favorable para este sistema es que no produce residuos de biosólidos o lodos por lo que no existe la disposición de los mismos. En lo contrario la reducción de coliformes totales es tan solo de un log por lo que en algunos casos no es suficiente acorde a las normas, si este es el caso se necesita agregar un sistema de desinfección (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow, 2000).

Figura 87. Esquema de un sistema de flujo horizontal subsuperficial



Fuente: (City and County of San Francisco, 2009)

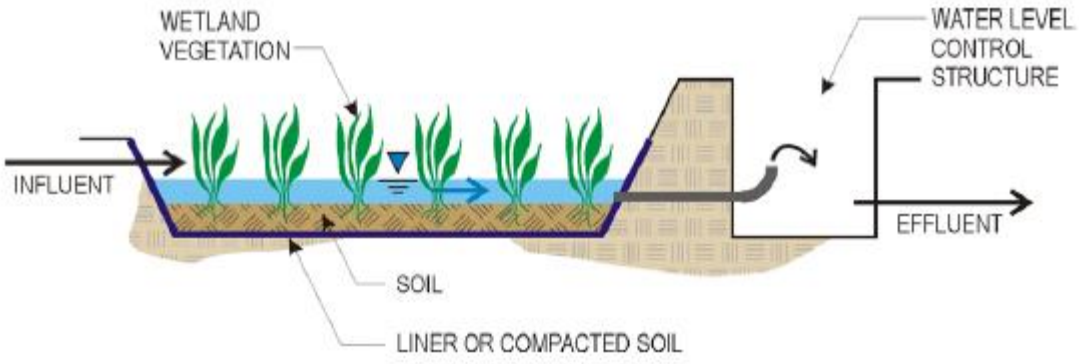
2) Humedales de superficie libre (Free water Surface wetlands). Los humedales de superficie libre son aquellos donde el agua es expuesta a la atmosfera en caso contrario a los humedales de flujo horizontal subsuperficial. En este sistema el agua fluye encima de un suelo con vegetación que transcurre de un punto "A" a un punto "B". Los humedales tipo FWS consisten en varios canales que previenen que las aguas residuales se infiltren al subsuelo. En estos canales se utiliza vegetación emergente, comúnmente las siguientes especies: *Typha latifolia, Scirpus y Phragmites* (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Free Water Surface Wetlands, 2000).

La vegetación utilizada permite que no proliferen algas además las plantas muertas y los residuos de las mismas permiten que se adhieran los organismos responsables del tratamiento biológico del sistema. La velocidad del efluente que es mínima y siendo el flujo laminar permite la efectiva remoción de partículas, ya

sean sólidos suspendidos, DBO y si la retención es la suficiente pueden remover nitrógeno y fosforo (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Free Water Surface Wetlands, 2000).

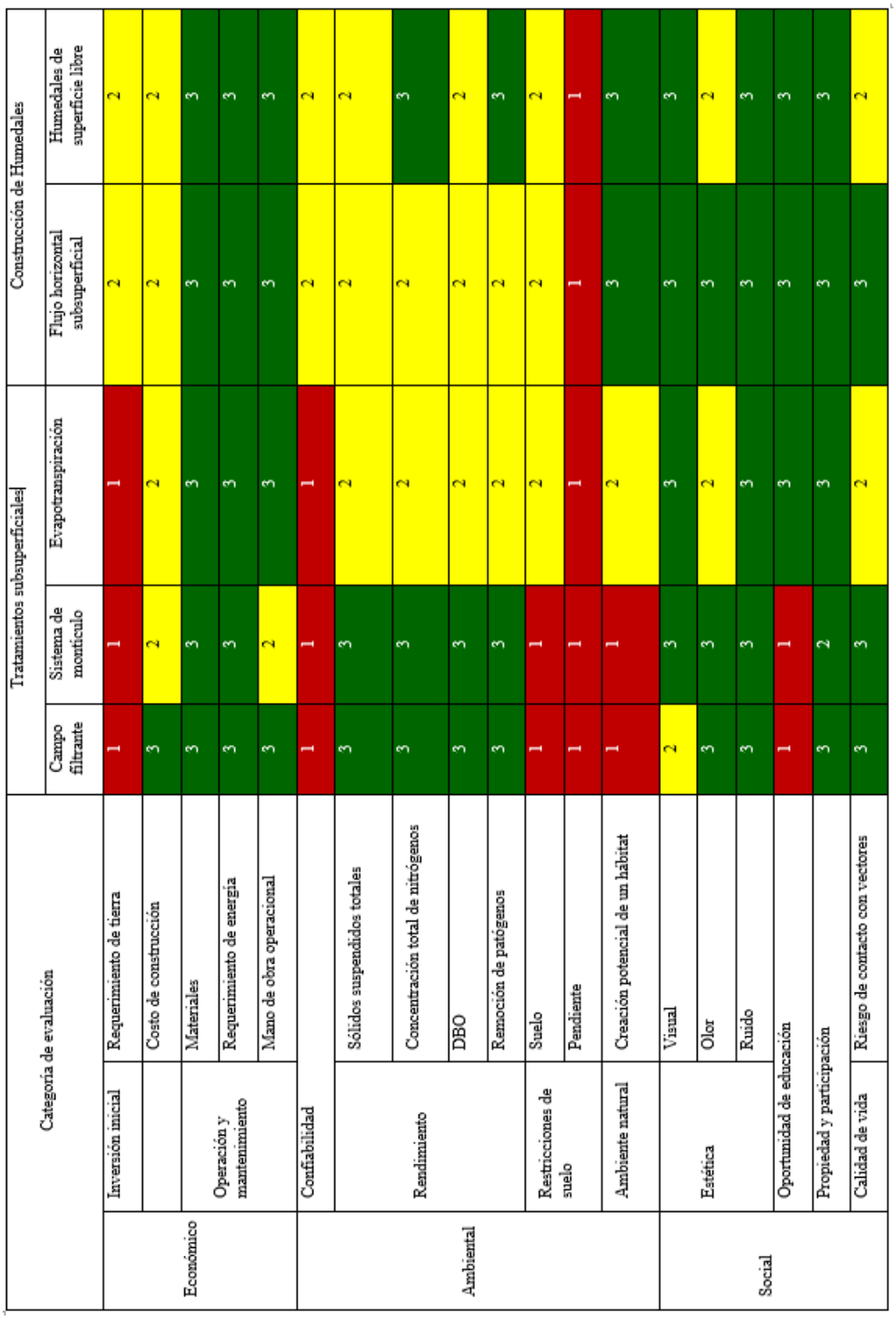
Los humedales en general son efectivos para tratar las aguas residuales de forma pasiva por lo que se minimiza la cantidad de energía a utilizar, equipo mecánico y mano de obra operacional. Estos le agregan un valor adicional al lugar, creando "espacios verdes" para la comunidad, el único problema es el control de mosquitos. Por otro lado, es conveniente la utilización de estos sistemas debido a que no producen residuos biosólidos o lodos (EPA, Wastewater Technology Fact Sheet Free Water Surface Wetlands, 2000).

Figura 88. Esquema de un humedal de superficie libre



Fuente: (City and County of San Francisco, 2009)

Cuadro 138. Matriz de evaluación de sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales



Categoría de evaluación			Tratamientos subsuperficiales			Construcción de Humedales	
			Campo filtrante	Sistema de montículo	Evapotranspiración	Flujo horizontal subsuperficial	Humedales de superficie libre
Económico	Inversión inicial	Requerimiento de tierra	1	1	1	2	2
		Costo de construcción	3	2	2	2	2
	Operación y mantenimiento	Materiales	3	3	3	3	3
		Requerimiento de energía	3	3	3	3	3
		Mano de obra operacional	3	2	3	3	3
	Confiabilidad		1	1	1	2	2
Ambiental	Rendimiento	Sólidos suspendidos totales	3	3	2	2	2
		Concentración total de nitrógenos	3	3	2	2	3
		DBO	3	3	2	2	2
		Remoción de patógenos	3	3	2	2	3
	Restricciones de suelo	Suelo	1	1	2	2	2
		Pendiente	1	1	1	1	1
	Ambiente natural	Creación potencial de un habitat	1	1	2	3	3
Social	Estética	Visual	2	3	3	3	3
		Olor	3	3	2	3	2
		Ruido	3	3	3	3	3
	Oportunidad de educación		1	1	3	3	3
	Propiedad y participación		3	2	3	3	3
	Calidad de vida	Riesgo de contacto con vectores	3	3	2	3	2

Fuente: (Brtalik & Feraud, 2012)

La matriz sirve para determinar un posible sistema que se adecue a las características del lugar o resultados deseados, por lo que no se consideraron algunas tecnologías por el alto costo inicial y de mantenimiento, en este caso; mientras que el documento si integra las 11 tecnologías. La matriz solo es una guía y no pretende ser exhaustiva, siempre se necesitarán consultas con expertos y técnicos para determinar el mejor sistema.

Las tecnologías seleccionadas tienen un problema en común, este sería la dependencia de la pendiente del terreno, pero en la construcción este se puede adaptar a las necesidades del lugar y es más ventajoso que la alta inversión de las otras tecnologías y la mano de obra capacitada para el manejo de las mismas. Sería mejor utilizar tecnologías más avanzadas, el problema radica en la importancia que se le ha dado al tratamiento de aguas residuales en el país. Cada año el Estado les extiende a las municipalidades el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, esto quiere decir que tienen más años para acatarla, y esta debería ser una prioridad debido a que la contaminación del agua es evidente en los ríos y lagos de nuestro país.

2. Fichas técnicas de las plantas de tratamiento municipales.

a. PTAR San Cristóbal El Alto.

Planta de tratamiento de aguas residuales domiciliares " San Cristobal El Alto"

Información general				
Departamento	Sacatepéquez			
Municipio	Antigua Guatemala			
Comunidad	San Cristobal El Alto			
Estado actual	En funcionamiento			
Fecha de inicio de operación	2012			
Tipo de sistema de tratamiento	Anaeróbico			
Olor	Aprox. 10 m a la redonda			
Componentes de la PTAR	**Pretratamiento** Rejilla a 32º con la vertical Desarenador con dos cámaras Trampa de grasa de doble cámara **Tratamiento Primario** Tanque Imhoff **Tratamiento Secundario** Filtro percolador **Otros dispositivos** Patio de secado de lodos de 10.4 m^2 Pozos de absorción (7) Cajas unificadoras			
Lugar de descarga	Pozos de absorción			
Ùltima limpieza	Julio 2017			
Tipo de limpieza	~~Profunda~~	Regular	General	Nula
Camino hacia la PTAR	~~Pavimento Flexible~~	Pavimento Rígido	~~Adoquín~~	~~Terracería~~
	Empieza con pavimento flexible hasta la entrada de San Cristobal El Alto, posteriormente adoquín y de último empezando la montaña terracería.			
Presencia de moscas y mosquitos	Alta	Media	~~Baja~~	Nula

Fecha de toma de datos	4 de agosto de 2017
Toma de datos	Ernesto del Cid
Propietario	Municipalidad de Antigua Guatemala
Latitud	14°32'17.95"N
Longitud	90°43'12.19"W
Acceso a la planta	Medio (Permite camión de bombeo)



Ubicación



Fuente: Google Earth 4/6/2017

Planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Ernesto del Cid

La planta de San Cristóbal El Alto se encuentra en condiciones aceptables en relación con su infraestructura, la obra gris no presenta grietas o deformaciones de algún tipo, solamente las tapaderas podrían ser un poco más livianas, algunas de ellas están rotas, para facilitar su limpieza. Con relación a su ornamentación, hay grama y algunas plantas que decoran el ambiente, además la estructura gris está pintada de blanco, el inconveniente sería el perímetro debía a que está en malas condiciones, además de que no posee un mecanismo de seguridad como un candado o algo que limite la entrada a terceras personas.

En la primera visita que se realizó a la planta esta se encontrada colapsada, el desarenador estaba saturado de arena, la rejilla estaba tapada por la falta de limpieza de las misma, la trampa de grasa había almacenado tanta grasa y aceite por largo tiempo que esta se solidifico creando una especie de roca en la parte superior de la misma, el tanque Imhoff ya había llegado a su capacidad máxima, el lodo era visible al abrir la compuerta, el filtro percolador poseía taponamiento en los aspersores por gravedad y maleza en las rocas.

En la visita posterior a la limpieza profunda de la misma se percató un mejor flujo en las aguas residuales, existía menor presencia de residuos sólidos en la rejilla, el desarenador funcionaba de mejor manera, la trampa de grasas ya no poseía la solidificación antes mencionada y al tanque Imhoff le realizaron una limpieza de los lodos, y una impermeabilización para la fácil remoción de los mismos. Al tanque Imhoff se le realizó unas modificaciones, la entrada del efluente era en la parte superior del tanque, pero se le adaptó un tubo con una araña para que ingresará el agua en la parte inferior del tanque. La modificación realizada altera el funcionamiento del tanque Imhoff y lo convierte en un reactor anaerobio de flujo ascendente, por lo que el diseño se realizó de este sistema y no del otro. Se desconoce si le realizaron algo al filtro percolador, solamente la apertura de los orificios de los aspersores por gravedad.

El problema que existe en las plantas de tratamiento es la falta o inexistencia de una limpieza preventiva, por lo que se debe realizar una limpieza correctiva y esto puede eliminar completamente las colonias de microorganismo de los sistemas de tratamiento biológico, por lo que se tarda varios meses para que se creen nuevamente y funcione correctamente el sistema.

Actualmente no se les ha dado mantenimiento y limpieza preventivas solamente la correctiva que se realizó en el mes de julio del 2017, debido a que no existe un trabajador que se encargue diariamente o semanalmente del proceso, tampoco existe un plan de mantenimiento y limpieza, ni equipo de protección personal adecuado al trabajo que se debe realizar. Se debe realizar un cronograma de cada cuanto se necesita limpiar cada dispositivo y una lista de chequeo para llevar un control, además de imágenes para respaldar el trabajo realizado.

b. PTAR San Mateo Milpas Altas 1

Planta de tratamiento de aguas residuales domiciliares "San Mateo"						
Información general					Fecha de toma de datos	4 de agosto de 2017
Departamento	Sacatepéquez				Toma de datos	Ernesto del Cid
Municipio	Antigua Guatemala				Propietario	Municipalidad de Antigua Guatemala
Comunidad	San Mateo Milpas Altas				Latitud	14°34'52.47"N
Estado actual	Abandonada desde 2008				Longitud	90°41'48.58"W
Fecha de inicio de operación	2006				Acceso a la planta	Bajo (solamente maquinaría pequeña)
Tipo de sistema de tratamiento	Anaeróbico					
Olor	Aprox. 200 m a la redonda					
Componentes de la PTAR	Pretratamiento: Nulo Tratamiento Primario: Tanque Imhoff Tratamiento Secundario: Nulo Otros dispositivos: Patio de secado de lodos, Bombas (ya no están)					
Lugar de descarga	Río El Sauce					
Ùltima limpieza	Nunca					
Tipo de limpieza	Profunda	Regular	General	~~Nula~~		
Camino hacia la PTAR	~~Pavimento Flexible~~	Pavimento Rígido	~~Adoquín~~	~~Terracería~~		
	Empieza con pavimento flexible hasta la comunidad, posteriormente adoquín en y de último terracería sin acceso a vehículo.					
Presencia de moscas y mosquitos	Alta	~~Media~~	Baja	Nula		
Ubicación					Planta de tratamiento de aguas residuales	
						
Fuente: Google Earth 4/6/2017						

Fuente: Ernesto del Cid

La planta de San Mateo 1 ha estado abandonada desde el 2008 debido a que colapso a los 2 años o antes de eso después de su construcción, su capacidad de diseño fue fácilmente superada. El sistema constaba de un tratamiento secundario basado en el tanque Imhoff, se desconoce si anteriormente poseía un pretratamiento, pero según lo observado no existe, tampoco tratamientos secundarios. Se desconoce el funcionamiento de la misma, y todos los dispositivos mecánicos ya no se encuentran, estos fueron removidos. El agua tratada en la planta no se descargaba por medio de pozos de absorción, se asume que el agua tratada se vertía al rio aledaño llamado Río El Sauce.

La planta no funciona desde hace 9 años, el agua que se trataba fue desviada al Río El Sauce, directamente contaminando el agua superficial con un caudal de salida medido de 3 litros por segundo (dato proporcionado por la Municipalidad). En la comunidad existen 7 sectores, pero no se tiene conocimiento de cuales sectores depositaban sus aguas residuales en la misma.

La contaminación que produce la salida de estas aguas es inminente, el caudal de salida es el doble que la planta de tratamiento de San Mateo 2, es necesario realizar una nueva planta y demoler la actual, el inconveniente radica en el tamaño aprovechable del terreno. Lo recomendado sería realizar una nueva planta de tratamiento o modificar la planta de San Mateo 2 para soportar este caudal y el que recibe actualmente. Por otro lado, debería demolerse por que se estanca el agua en su estructura y posibilita la aparición de vectores, además el mal olor que provoca la descarga se siente en la comunidad.

c. PTAR San Mateo Milpas Altas 2

Planta de tratamiento de aguas residuales domiciliares " San Mateo 2"						
Información general					Fecha de toma de datos	4 de agosto de 2017
Departamento	Sacatepéquez				Toma de datos	Ernesto del Cid
Municipio	Antigua Guatemala				Propietario	Municipalidad de Antigua Guatemala
Comunidad	San Mateo Milpas Altas				Latitud	14°34'53.31"N
Estado actual	En funcionamiento				Longitud	90°41'53.48"W
Fecha de inicio de operación	2011				Acceso a la planta	Bajo (solamente maquinaria pequeña)
Tipo de sistema de tratamiento	Anaeróbico					
Olor	Aprox. 15 m a la redonda					
Componentes de la PTAR	Pretratamiento Rejilla Desarenador con dos cámaras Trampa de grasa de doble cámara Tratamiento Primario Tanque Imhoff Tratamiento Secundario Nulo Otros dispositivos Patio de secado de lodos Pozos de absorción (7) Cajas unificadoras Caja deribarora de limpieza de sistema					
Lugar de descarga	Pozos de absorción					
Última limpieza	Julio 2017					
Tipo de limpieza	~~Profunda~~	Regular	General	Nula		
Camino hacia la PTAR	~~Pavimento Flexible~~	Pavimento Rígido	~~Adoquín~~	~~Terracería~~		
	Empieza con pavimento flexible hasta la comunidad, posteriormente adoquín en y de último terracería sin acceso a vehículo.					
Presencia de moscas y mosquitos	Alta	~~Media~~	Baja	Nula		
Ubicación					Planta de tratamiento de aguas residuales	
						
Fuente: Google Earth 4/6/2017						

Fuente: Ernesto del Cid

San Mateo 2 la otra planta ubicada en San Mateo Milpas Altas se encuentra en condiciones aceptables con relación a la infraestructura, no se ve ningún tipo de rajadura o deformación en los elementos; las tapaderas son de hierro por lo que estaban completamente oxidadas, algunas de las tapaderas de los pozos de absorción estaban rotas parcialmente. La parte visual si estaba descuidada, los elementos no estaban pintados, la ornamentación era nula en comparación con la de San Cristóbal El Alto. Por otro lado, el perímetro está dañado, pero la puerta de ingreso si posee candado para restringir el paso a terceros.

La planta está en funcionamiento y se le realizó una limpieza profunda a la planta en el mes de julio del 2017, constaba de la remoción y limpieza de la rejilla, desarenadores, trampa de grasa y del tanque Imhoff, el último se impermeabilizo internamente para que los lodos no se adhieran al concreto. De igual manera que en la planta de San Cristóbal El Alto este tanque se modificó para que trabajara bajo el principio de un tanque RAFA, por lo que el diseño realizado se basa en este último. Por otro lado, el tanque necesita tiempo para llegar a sus condiciones óptimas, puede apresurar el proceso mediante la utilización de lodos provenientes de otra planta de aguas residuales.

El acceso a la planta es reducido, debido a que está limitado a maquinaria liviana, un vehículo no puede pasar por la entrada; se desconoce si existe otra entrada a la planta de tratamiento. Si se genera una nueva

planta de tratamiento, uno de los puntos importantes es la accesibilidad, debido a que permite que la limpieza y mantenimiento sea más cómodo para la entidad que realice el trabajo.

Por último, la planta de tratamiento de aguas residuales se construyó para los sectores 3 y 5 de San Mateo Milpas Altas, actualmente se conectan otros sectores de la misma. Se recomienda la generación de un plan de mantenimiento y limpieza preventivos, como también un cronograma de actividades y una lista de chequeo de los trabajos realizados. Sería viable realizar otra planta de tratamiento para cubrir los demás sectores de esta comunidad.

3. Diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Cristóbal El Alto. Los siguientes diseños son de carácter hidráulico, no se trata sobre los diseños estructurales de cada uno de los sistemas, ni de la construcción de los mismos. Los parámetros de diseño fueron obtenidos por medidas de campo y de los planos obtenidos de la municipalidad de La Antigua Guatemala; por otro lado, los caudales, temperatura y algunos otros parámetros se obtuvieron de un informe de monitoreo de agua residual para la municipalidad de La Antigua Guatemala realizados por la empresa ECOQUIMSA en junio del 2017.

Los diseños de los sistemas se realizaron por medio del caudal de entrada actual de la planta de tratamiento, mientras los diseños inversos se realizan a partir del volumen actual de los sistemas y se obtiene el caudal al que fue diseñado. En ambos diseños los datos obtenidos están en cursiva. Los cálculos realizados se encuentran en el Anexo H y los datos ingresados o asumidos se encuentran en negrillas.

Cuadro 139. Diseño de mallas

Parámetro	Valor	Dimensional
Separación de barras	2.5 cm	m
Ángulo respecto a la horizontal	60	Grados
Área efectiva de la malla	0.5	m^2

Cuadro 140. Diseño de la trampa de grasa

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s
Altura del tanque	0.6	m
Ancho del tanque	1	m
Longitud del tanque	1.44	m
Volumen del tanque	0.86	m^3
Población	384	habitantes

Cuadro 141. Diseño inverso de la trampa de grasa

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	1.24	m^3
Altura del tanque	0.7	m
Ancho del tanque	1.23	m
Longitud del tanque	1.44	m
Caudal de diseño	0.69	lt/s
Población	552	habitantes
Vida útil	15	años

Cuadro 142. Diseño del desarenador

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s
TRH	4	min
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.2	m
Longitud del tanque	1.00	m
Volumen del tanque	0.1	m^3
Población	384	habitantes

Cuadro 143. Diseño inverso del desarenador

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	0.78	m^3
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.4	m
Longitud del tanque	3.9	m
TRH	5	min
Caudal de diseño	2.6	lt/s
Población	2080	habitantes
Vida útil	68	años

Cuadro 144. Diseño del RAFA

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s
DQO (So)	679	mg/lt
DBO (So)	424	mg/lt
Temperatura	21	°C
TRH	12	h
Velocidad ascendente	0.417	m/h
Eficiencia DQO	71.50	%
Eficiencia DBO	97.98	%
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	2	m
Longitud del tanque	2.07	m
Volumen del tanque	20.74	m^3
Población	384	Habitantes

Cuadro 145. Diseño inverso del RAFA

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	106	m^3
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	4	m
Longitud del tanque	5.3	m
TRH	12	h
Velocidad ascendente	0.417	m/h
Caudal de diseño	2.45	lt/s
Población	1960	habitantes
Vida útil	66	años

Cuadro 146. Diseño del filtro percolador

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s
DBO (S) efluente	424	mg/lt
DBO (Se) afluente	177	mg/lt
Altura del filtro	2	m
R	0	
Eficiencia del filtro	70	%
Carga orgánica superficial	1.87	kg DBO/ m^2 d
Carga orgánica volumétrica	0.94	kg DBO/ m^3 d
Carga hidráulica superficial	5.51	m^3/ m^2 d
Carga hidráulica volumétrica	2.76	m^3/ m^3 d
Altura del tanque	2	m
Ancho del tanque	2.15	m
Longitud del tanque	3.5	m
Volumen del tanque	15	m^3
Población	384	habitantes

Cuadro 147. Diseño inverso del filtro percolador

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	36	m^3
Altura del tanque	2	m
Ancho del tanque	3	m
Longitud del tanque	6	m
DBO (S) efluente	424	mg/lt
Factor de recirculación	1	
Caudal de diseño	1.15	lt/s
Población	920	habitantes
Vida útil	35	años

En relación con la única rejilla existente en la planta, según el diseño realizado cumple con los requisitos, de separación entre barras, el ángulo respecto a la horizontal y el área necesaria. Se podría agregar otras rejillas con un espaciamiento menor para negar el paso de residuos sólidos más pequeños.

La trampa de grasa diseñada con el caudal entrante actual de 0.48 lt/s dio un volumen de 0.86 m^3, comparándolo con el volumen actual de la trampa de 1.24 m^3, se determina que solamente el 70% del volumen está solicitado. Si se observa el diseño inverso, el caudal que puede soportar la trampa de grasa fue de 0.68 lt/s; mediante los dos caudales se pueden determinar indirectamente la población de la comunidad, con el caudal actual da una población de 384 habitantes, mientras con el otro da 552 habitantes.

En aproximadamente 15 años la población crecería a 552 habitantes, teóricamente la trampa de grasa excedería su capacidad hidráulica máxima en ese tiempo. Los años pueden variar por la tasa de crecimiento poblacional, debido a que es a nivel nacional y no de la comunidad, se desconocen los datos debido a que no existen estadísticas demográficas actuales de la misma. El otro factor por tomar en cuenta es el tiempo de retención hidráulico, entre mayor sea, el funcionamiento será más efectivo, pero el tanque podrá recibir menor caudal.

El diseño del desarenador mediante el caudal de entrada actual dio un volumen de 0.1 m^3 para realizar el tratamiento, con una longitud de un metro. El tiempo de retención hidráulico se asumió de 4 min, este es el factor que altera el volumen directamente. Por otro lado, el volumen actual del desarenador es de 0.78 m^3, solamente está solicitado en un 13% de su capacidad; se desconoce si la tubería de aguas residuales es combinada con la pluvial, si es así puede ser que el diseñador sobredimensionó este sistema para soportar la carga de lluvia.

El caudal obtenido del diseño inverso fue de 2.6 lt/s, casi seis veces más al actual. El ejercicio de la población se realizó también con este dispositivo, se obtuvo una población futura de 2080 habitantes. En aproximadamente 68 años, la población actual crecerá hasta la población futura calculada, siendo en ese momento donde el desarenador llegue a su capacidad máxima. Cabe mencionar que el diseño inverso se realizó con un tiempo de retención aun mayor que el anterior, pero como no se tiene acceso al cálculo del diseñador anterior se desconoce cuál se utilizó. Por último, el desarenador puede ser menor si se construyen canales paralelos para distribuir el caudal, es de práctica común realizar dos, pero para la limpieza de uno mientras que el otro está en funcionamiento.

Anteriormente se explicó que al tanque Imhoff se le realizaron algunas modificaciones, una de estas alteró la forma en que entra el agua residual al tanque; en el tanque Imhoff el agua residual entra en la parte superior, mientras que en un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) este entra en la parte inferior mediante una serie de tubos con orificios. Para que este funcione correctamente y que no se tape, el desarenador y la trampa de grasa deben ser eficientes. Para el diseño del RAFA se utilizó el caudal de entrada actual de la planta de tratamiento además de la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno y la temperatura del agua a tratar. La temperatura influye directamente en el tiempo de retención hidráulica en el reactor, entre mayor sea, el tiempo disminuye ya que ayuda a los microorganismos anaeróbicos a mejorar su eficiencia.

El tiempo de retención utilizado para el diseño fue de 12 horas, con este se obtuvo un volumen del reactor de 20.74 m^3, siendo el actual de 106m^3, se puede determinar que aproximadamente el 20% del mismo está en demanda. Esto puede generar que el tiempo de retención sea mayor y la degradación de la materia orgánica sea mayor; hay que tener cuidado debido a que se tiene un límite en la reducción del DBO y del DQO, donde ya no importa cuánto tiempo de retención sea.

Al realizar el diseño inverso se determinó el caudal de 2.45 lt/s mediante el volumen del tanque y el tiempo de retención hidráulico asumido de 12 horas. Este caudal sería el máximo que puede soportar de carga

hidráulica el reactor. La vida útil restante del reactor se determinó mediante la población futura y la actua1; está es de 66 años. El tanque puede ser excedido en menos tiempo, si el tiempo de retención es mayor al asumido. Cabe resaltar que la eficiencia del reactor puede ser menor al teórico ya que no incluye algunas obras internas del sistema RAFA, se están utilizando las de la unidad Imhoff.

La planta de tratamiento de San Cristóbal El Alto posee un pretratamiento, tratamiento primario y secundario, él último es mediante el filtro percolador. El diseño se realizó mediante el caudal de entrada actual de 0.48 lt/s, el DBO del efluente, y la altura asumida del filtro que fue de dos metros. El volumen obtenido del tanque mediante los parámetros anteriores fue de 15 m^3, comparándolo con el volumen actual de 36 m^3, se puede decir que solamente el 42% está demandado. Por otro lado, se calculó la eficiencia del filtro percolador de la remoción del DBO, y este dio un 70%, suficiente para disminuir el restante que el RAFA no pudo eliminar.

Al realizar el diseño inverso del filtro percolador, se pudo determinar el caudal mediante el volumen actual del tanque, y este sería de 1.15 lt/s. Utilizando los dos caudales el actual y el futuro, se puede realizar la vida útil restante del filtro determinándola indirectamente con las poblaciones. La población actual es de 384 habitantes y la futura de 920 habitantes; por lo que la comunidad alcanzará esa población en 35 años. La vida útil del filtro sería de 35 años, esta puede variar por la eficiencia del filtro asumida que fue de 70%; si el diseñador asumió una eficiencia de 80% o mayor de remoción del DBO, el filtro actual ya estaría a su límite de capacidad.

Por último, el informe de resultados del análisis realizado por la empresa ECOQUIMSA posee un cuadro comparativo de los resultados del análisis con el Acuerdo Gubernativo 138-2017. Los parámetros cumplen todos para el 2 de mayo del dos mil diecinueve, excepto los coliformes fecales; para disminuir este parámetro se puede instalar en la planta un proceso de cloración por medio de pastillas para que no involucre ningún sistema mecánico y la colocación de la pastilla es sencillo. El informe se encuentra en el Anexo K.

4. Diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Mateo 2.

Los siguientes diseños son de carácter hidráulico, no se trata sobre los diseños estructurales de cada uno de los sistemas, ni de la construcción de los mismos. Los parámetros de diseño fueron obtenidos de las dimensiones en los planos obtenidos de la municipalidad de La Antigua Guatemala; por otro lado, los caudales, temperatura y algunos otros parámetros se obtuvieron de un informe de monitoreo de agua residual para la municipalidad de La Antigua Guatemala realizados por la empresa ECOQUIMSA en junio del 2017.

Los diseños de los sistemas se realizaron por medio del caudal de entrada actual de la planta de tratamiento, mientras los diseños inversos se realizan a partir del volumen actual de los sistemas y se obtiene el caudal al que fue diseñado. En ambos diseños los datos obtenidos están en cursiva. Los cálculos realizados se encuentran en el Anexo I y los datos ingresados o asumidos se encuentran en negrillas.

Cuadro 148. Diseño de mallas

Parámetro	Valor	Dimensional
Separación de barras	2.5 cm	m
Ángulo respecto a la horizontal	58	Grados
Área efectiva de la malla	0.5	m^2

Cuadro 149. Diseño de la trampa de grasa

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	1.54	lt/s
Altura del tanque	0.7	m
Ancho del tanque	1.2	m
Longitud del tanque	1.65	m
Volumen del tanque	1.39	m^3
Población	1232	habitantes

Cuadro 150. Diseño inverso de la trampa de grasa

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	1.09	m^3
Altura del tanque	0.7	m
Ancho del tanque	1.2	m
Longitud del tanque	1.3	m
Caudal de diseño	1.21	lt/s
Población	872	habitantes
Vida útil	0	años

Cuadro 151. Diseño del desarenador

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	1.54	lt/s
TRH	4	min
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.3	m
Longitud del tanque	1.00	m
Volumen del tanque	0.37	m^3
Población	1232	habitantes

Cuadro 152. Diseño inverso del desarenador

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	0.76	m^3
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.4	m
Longitud del tanque	3.8	m
TRH	5	min
Caudal de diseño	2.53	lt/s
Población	2027	habitantes
Vida útil	20	años

Cuadro 153. Diseño del RAFA

Parámetro	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	1.54	lt/s
DQO (So)	918	mg/lt
DBO (So)	574	mg/lt
Temperatura	19	°C
TRH	12	h
Velocidad ascendente	0.417	m/h
Eficiencia DQO	71.50	%
Eficiencia DBO	97.98	%
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	3.5	m
Longitud del tanque	3.80	m
Volumen del tanque	66.53	m^3
Población	1232	Habitantes

Cuadro 154. Diseño inverso del RAFA

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	90	m^3
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	4	m
Longitud del tanque	4.5	m
TRH	12	h
Velocidad ascendente	0.417	m/h
Caudal de diseño	2.08	lt/s
Población	1667	habitantes
Vida útil	12	Años

En San Mateo Milpas Altas hay dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una de ellas no está en funcionamiento, por lo que solamente se diseñó la planta de San Mateo 2, la que está actualmente en operación. Parece ser que esta planta de tratamiento fue la modelo para la planta de San Cristóbal El Alto, debido a que las medidas de los sistemas son casi idénticas, por lo que dicha planta pareciera que está sobredimensionada para el caudal que esta recibe.

El diseño de la rejilla no es más que la comprobación de la existente en la planta, la separación de las barras, el ángulo respecto a la horizontal y el área requerida de la malla cumplen con los parámetros. Mejoraría el proceso de remoción de sólidos si se incluyese otra rejilla con un espaciamiento entre barras menor, para que estos no generen taponamientos en la tubería.

El caudal de diseño para esta planta difiere bastante de la planta ubicada en San Cristóbal El Alto, debido a que es de 1.54 lt/s, siendo tres veces más que la otra. El volumen obtenido de la trampa de grasa fue de 1.39 m^3, mientras que el volumen actual es de 1.09 m^3, claramente se observa que el tanque ya sobrepaso su capacidad hidráulica en un 27% pero el volumen actual solamente se tomó la primera cámara.

Si en el diseño incluimos la segunda cámara donde ya no debería haber grasas y aceites por la pantalla que se tiene en medio, el volumen a tomar en cuenta sería 1.09 m^3 más 0.69m^3, por lo que solo el 87% estaría en demanda. Si no consideramos este volumen, debido a que no existe una tee o una L que restrinja el egreso

de las grasas y aceites en la segunda cámara; la trampa de grasa puede seguir funcionando, solamente la limpieza debería ser más a menudo.

El volumen obtenido para el desarenador mediante el caudal actual de la planta dio de 0.37 m3, mientras que el volumen actual es de 0.76 m3, por lo que solamente el 49% está solicitado. El tiempo de retención asumido fue de 4 min, mientras que el asumido en el diseño inverso fue de 5 min; esto provoca que el volumen requerido sea menor, se eligió de 5 min en el otro para obtener el caudal para una eficiencia mayor. El caudal que se obtuvo mediante el diseño inverso del desarenador fue de 2.53 lt/s, con los dos caudales se calculó indirecto las poblaciones y así obtener un aproximado de la vida útil restante del desarenador.

Para el caudal actual se obtuvo 1232 habitantes mientras que para el caudal futuro 2027 habitantes, estos se usan con la tasa de crecimiento obtenida del INE para obtener en cuantos años se llega a esa cantidad de habitantes. En 20 años teóricamente el tanque excedería su capacidad hidráulica máxima, ya que en esta cantidad de años la comunidad llegaría a tener 2027 habitantes. Cabe resaltar que depende de la cantidad de arenas provenientes de la tubería para que esta exceda su capacidad de almacenar dichas arenas.

En la planta de San Mateo 2 al tanque Imhoff se le realizaron modificaciones en la entrada del agua residual de la misma forma de en San Cristóbal El Alto, esto generó que el funcionamiento cambie a un reactor anaerobio de flujo ascendente. El diseño se realizó para este sistema por lo que el caudal de entrada actual no era suficiente, se necesitó el DQO, el DBO, la temperatura del agua residual y asumir una altura del filtro. El factor que altera el volumen del filtro es el tiempo de retención del agua, este se fijó en 12 horas por la temperatura de las aguas, por otro lado, este filtro se puede adaptar al terreno alterando la profundidad del mismo y disminuir el área superficial necesaria.

Mediante los parámetros antes mencionados se pudo determinar el volumen necesario el cual fue de 66.53 m^3, mientras que el actual es de 90 m^3 con esto se realizó una relación y se obtuvo que el 74% del tanque está demandado. Mediante el caudal actual de 1.54 lt/s y el obtenido de 2.08 lt/s se obtuvo indirectamente la población de la comunidad. Con la población se determinó en cuanto tiempo está crecería para llegar a la población futura y se obtuvo de 12 años. Los 12 años indican la vida útil aproximada del tanque.

A la planta de San Mateo 2, se le realizo un informe de monitoreo por la empresa ECOQUIMSA, en esta se encuentra un cuadro comparativo con los resultados del análisis del Acuerdo Gubernativo 138-2017. Todos los parámetros se encuentran en rangos aceptables para el 2 de mayo de dos mil diecinueve, exceptuando la demanda bioquímica de oxígeno, se puede observar que el filtro percolador si disminuye el DBO en la planta de San Cristóbal El Alto, pero este parámetro debería medirse nuevamente cuando el reactor anaerobio funcione a su eficiencia máxima. El otro parámetro que no entra sería los coliformes fecales, la medida para eliminarlos sería la cloración del agua saliente del reactor anaerobio, este sería mediante pastillas de cloro por su fácil manipulación y por no necesitar ningún dispositivo mecánico. El informe se encuentra en el Anexo L.

G. Residuos sólidos

1. Vertedero “EL CHOCONAL” Antigua Guatemala (Residuos Sólidos)

a. Presentación. El vertedero fue construido en el año 2000 como medida de mitigación provisional ante las necesidades de Antigua Guatemala para delimitar un establecimiento donde se concentrarían los desechos de la población. La vida útil para este establecimiento fue diseñada para un máximo de 5 años. En el año 2017 aún sigue operando y es hogar de basura de variedad de centros poblados. Este es el único centro autorizado, por la municipalidad de Antigua Guatemala, para la propagación de residuos sólidos.

b. Ubicación. Este establecimiento está ubicado en la finca Florencia en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez. (ver anexo Q)

c. Clasificación de desechos. “EL CHOCONAL” únicamente es hogar de los residuos domiciliares, de mercados y hoteleros de los poblados próximos. Los residuos más específicos/peligrosos son tratados por entidades privadas que ayudan a la municipalidad por lo que delegan esta responsabilidad.

Figura 89. Vertedero "EL CHOCONAL"



d. Usuarios de “EL CHOCONAL”. Se tienen registros que la basura que llega a este vertedero es proveniente de los siguientes lugares poblados (ver anexo Q):

- Pastores.
- Jocotenango.
- San Miguel Dueñas.
- San Juan Gascón.
- San Gaspar.
- Santa Ana.
- Santa Catarina.
- San Bartolomé.
- San Juan El Obispo.
- San Pedro las Huertas.
- San Mateo Milpas Altas.
- San Cristóbal.
- San Felipe de Jesús.
- El Hato.

Según registros administrativos de la municipalidad de Antigua Guatemala, llega un total de 50.00 toneladas diarias al vertedero. Utilizando la información del Instituto Nacional de Estadística (INE), investigaciones han proyectado la población de La Antigua Guatemala para el año 2017, y esta es de 56,203 pobladores. Este dato no puede considerarse como “población que utiliza el vertedero” ya que, como se identificó antes, no todos los usuarios pertenecen a La Antigua Guatemala.

e. Basureros clandestinos. La municipalidad de Antigua Guatemala tiene la obligación de recolectar, ya sea mediante ayuda privada, toda la basura que se genera en el municipio no existe registros de basureros clandestinos que estén operando sin ningún tipo de permiso. Toda basura debe ser recogida por camiones municipales o de empresas privadas que trabajen con ese fin, todo desecho sólido, de características determinadas, debe llegar al vertedero “EL CHOCONAL”.

Figura 90. Depósito de basura, Aldea Hermano Pedro



f. Diseño inicial. “EL CHOCONAL” se categoriza como un vertedero, ya que cuenta con un trato de desechos por medio de compactación y cobertura de material de relleno. Pero no existe ningún tratamiento posterior a esto. No hay procesos que mitiguen la contaminación de lixiviado o gases contaminantes liberados a la atmosfera. Esto es porque, en un principio, no se consideró este lugar como un establecimiento de tratamiento de desechos sólidos.

g. Adecuaciones. El vertedero ha sufrido varias adecuaciones que tuvieron como consecuencia la longevidad de su vida útil. Una de ellas fue la incorporación de chimeneas que liberarán los gases que se recubrían bajo las capas de material. Pero estas siguen siendo liberadas al ambiente sin ningún tipo de tratamiento.

Figura 91. Pilas de recolección de lixiviados



Se construyeron pilas para la recolección de lixiviados. Estos son conducidos y canalizados por medio de sistema de drenaje, drenaje que están localizados en la superficie y no cumple con su objetivo principal en las capas profundas.

Figura 92. Chimeneas liberación de gases



h. Personal operative. En agosto del presente año, el vertedero contaba con cuatro personas operativas y una persona administrativa responsable del mismo. El establecimiento ha sufrido de varios cambios administrativos que han impedido mantener una línea de organización y desarrollo significante.

i. Maquinaria. Para el proceso operativo de corte, conformación, compactación y acarreo de material se utiliza maquinaria privada. Esta maquinaria es arrendada en eventos realizados por la municipalidad de Antigua Guatemala, ellos son los encargados de seleccionar qué maquinaria se debe utilizar para dicho trabajo en función al presupuesto establecido para este gremio.

Para la municipalidad este rubro ha representado un motivo de atraso en toma de decisiones ya que, como es lógico, el mayor interés es contratar equipo que cumpla con los requerimientos mínimos y su arrendamiento sea el más económico. Para esto es necesario tener claro conceptos de procesos y necesidades actuales, conceptos que no están definidos por lo que no es posible acelerar esta fase sin estar seguros de sus decisiones.

Esto lo reflejan la variedad de actas sesiones ordinarias y extraordinarias del concejo municipal del presente año (ver anexo N). En estas actas se detalla preocupación por dichos eventos para arrendamiento de maquinaria.

Actualmente está en vigencia la celebración de un contrato de maquinaría por Q700,000.00 (aproximadamente) para el arrendamiento de una retroexcavadora, un camión y una herramienta de compactación. Se desconoce el periodo de vigencia de dicho contrato.

j. Transporte y recolección de desechos sólidos. La Municipalidad de Antigua Guatemala tiene en su propiedad algunos camiones recolectores de basura. Estos se encargan de acarrear residuos sólidos principalmente del casco urbano y mercados primarios.

La capacidad de estos camiones no es suficiente para abastecer los centros poblados próximos que necesitan extraer su basura. Por esta razón, la municipalidad de Antigua Guatemala contrata empresas privadas para la recolección de basura y el transporte hacia el vertedero "EL CHOCONAL", establecimiento autorizado.

Esta modalidad de trabajo carece de control y optimización por no ser una actividad propia de la municipalidad. Las rutas de extracción son desconocidas y el estado de los camiones puede que no sea el óptimo para el tránsito en las calles.

1) Tarifas e impuestos. Hasta el año 2016 no existía una tarifa para los camiones que ingresaban al vertedero a botar los desechos. Este establecimiento fue hogar de basura por más de 15 años sin cobrar ningún tipo de impuesto por el servicio, impuesto que debería ayudar al presupuesto para el funcionamiento del vertedero.

En el año 2017 intentan introducir una tarifa por este servicio la cual, como es lógico, causa molestias a las empresas de camiones por no estar acostumbrados a este proceso. La tarifa pautada era desproporcional al mercado actual, (Q125.00 por camión) ya que en otros establecimientos del país de Guatemala se conocía esta tarifa entre los Q20.00 – Q60.00.

No tardó mucho en llegar quejas al concejo municipal con el objetivo de solicitar un acuerdo para esta tarifa. Dueños de camiones reclamaron que no era justo el tributo ya que ellos no eran los encargados de extraer toda la basura del casco urbano, o mercados principales.

Esto generaba una gran controversia y detenimiento de procesos operativos. Según actas del consejo municipal (ver anexo N) actualmente se acuerda una tarifa de Q80.00 por camión que ingrese al vertedero, omitiendo camiones con material cobertor.

Esto ha generado que desechos sólidos provenientes de Antigua Guatemala lleguen a establecimientos como "AMSA" (Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán) el cual es un vertedero controlado que está ubicado a 20.00 kilómetros de La Antigua Guatemala.

k. Material de cobertura. Actualmente se utiliza material de cobertura proveniente de Santa María Milpas Altas, esto fue posible tras un acuerdo que tuvo lugar en el concejo municipal de Antigua Guatemala (ver anexo N). No existen registros donde indiquen que alguna vez el vertedero tuvo déficit de material de cobertura.

l. Vida útil y Cierre técnico. En consecuencia, a las malas prácticas en el tratamiento de desechos sólidos, pobre administración de los procesos operativos del vertedero y decisiones erráticas; se ha programado el cierre técnico del vertedero para diciembre del presente año. Esta decisión ya ha sido pactada por el concejo municipal (ver anexo N) y deberán proceder la contratación de personal capacitado para desarrollar el mismo. Este proceso deberá constar de la señalización de todos los puntos necesarios.

Se deben exterminar cualquier tipo de pestes encontradas en el vertedero. Es necesario garantizar la estabilidad geométrica de los taludes y plataformas. Todo proceso debe ser autorizado por el ministerio de ambiente y recursos naturales. Solo después de estos procesos el terreno podrá ser forestados nuevamente.

m. Legislación y Normativas. Toda la república de Guatemala debe respetar el acuerdo ministerial número 302-2015, donde hace responsable al ministerio de ambiente y recursos naturales de girar las instrucciones a donde corresponda para que efectúen los avisos, registros y actualizaciones que competen para darle el cumplimiento a las presentes establecidas en el manual administrativo del departamento para el manejo de los residuos y desechos sólidos, del ministerio de ambiente y recursos naturales.

(Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015)

2. Alternativas para el manejo de desechos sólidos en Antigua Guatemala. Es necesario establecer una solución para el tratamiento de residuos sólidos de la población de Antigua Guatemala. La vida útil del vertedero “EL CHOCONAL” llegará a su fin en un periodo relativamente corto.

3. Ubicación de nuevo establecimiento para el tratamiento de desechos sólidos.

a. Estudios realizados. En el año 2015 la municipalidad de Antigua Guatemala elaboró diferentes estudios para el control del vertedero “EL CHOCONAL”. Estos estudios son un indicador que refleja las condiciones y características del terreno, son bases fundamentales para la propuesta y diseño de un tratamiento para residuos sólidos. Lastimosamente se realizaron posterior a la construcción del mismo por lo que el diseño del vertedero actual no toma en cuenta dichos parámetros. Será necesario realizar estos estudios en el establecimiento que tendrá lugar para el nuevo tratamiento de residuos sólidos:

Los estudios son los siguientes:

- Estudio geotécnico.
- Estudio hidrológico.
- Proyección de disposición de desechos sólidos y generación de lixiviados.
- Monitoreo calidad del agua y lixiviados.
- Calidad del aire.
- Vibraciones de cuerpo entero.

En estos estudios se refleja el deterioro y mal funcionamiento del vertedero, los riesgos de infiltración y deslizamientos en plataformas. Aunque estos mismos estudios indican que el suelo es apto para soportar determinadas sobrecargas y se desarrolla un diseño teórico para el tratamiento de lixiviados.

Se identifica las capacidades necesarias que debería contar el relleno sanitario para cumplir con su funcionamiento ideal. Es necesario proponer un lugar para dicho establecimiento.

b. Propiedad Municipal. La antigua Guatemala cuenta con una diversidad de fincas y terrenos que son de su propiedad. Estas fracciones de territorio podrían cumplir con los requisitos básicos necesarios para funcionar como un tratamiento de desechos sólidos.

La unidad de acceso a la información pública generó esta información sobre terrenos municipales:

Cuadro 155. Territorios Propiedad de Municipalidad de Antigua Guatemala

No.	NOMBRE DEL INMUEBLE	DIRECCIÓN DEL INMUEBLE	FINCA	FOLIO	LIBRO
1	Palacio del Ayuntamiento	Al norte de la Plaza de Armas y 4a. Avenida Norte	12979	123	97 de Sacatepéquez
2	Antiguo Palacio Arzobispal	4a. Calle oriente y este de la plaza de Armas	12980	124	97 de Sacatepéquez
3	Casa No. 14	Avenida del Desengaño	12963	107	97 de Sacatepéquez
4	Casa No. 08	Avenida del Desengaño	12964	108	97 de Sacatepéquez
5	Casa No. 25	7a. Avenida Norte	12967	111	97 de Sacatepéquez
6	Casa No. 29	7a. Avenida Norte	12966	110	97 de Sacatepéquez
7	Casa No. 11	Calle Ancha de los Herreros	12969	113	97 de Sacatepéquez
8	Ruinas del Templo de San Francisco	Calle de los Pasos, Callejón de Belén y calle del Hermano Pedro	12983	129	97 de Sacatepéquez
9	Ruinas del Templo de San Sebastián	Frente a la plazuela de San Sebastián	12970	114	97 de Sacatepéquez
10	Ruinas de Santa Catarina	5a. Ave. Norte entre 1a. Y 2a. Calle poniente	12974	118	97 de Sacatepéquez
11	Casa Conventual de la Escuela de Cristo	Calle de los Pasos	12976	120	97 de Sacatepéquez
12	Rastro de Ganado Mayor	A un costado de la Iglesia del Calvario y del puente Pensativo	12975	119	97 de Sacatepéquez
13	Arco de Santa Catalina	5a. Ave. Norte entre 1a. Y 2a. Calle poniente	12985	129	97 de Sacatepéquez
14	Hospital Pedro de San José de Betancourt	Edificio del Hospital Pedro de San José de Betancourt	975	186	32 de Sacatepéquez
15	Ex mercado Municipal	A un costado de la 4a. Calle poniente y sobre la 3a. Calle poniente, así también sobre la 6a. Y 7a. Ave. Norte	12876	17	97 de Sacatepéquez
16	Finca la Pólvora	5a. Calle Poniente y Avenida de la Recolección	49	100	87 de Antigua
			12	436	70 de Sacatepéquez
			478	128	28 de Sacatepéquez

Continuación Cuadro 155.

17	Finca Candelaria Manchen y anexos	Calle que va a San Felipe de Jesus y Calle del Manche	6651	175	155 de Sacatepéquez
18	Terreno parte Antigua del cementerio	5a. Calle Poniente final	12984	128	97 de Sacatepéquez
19	Parte nueva del cementerio	Parte norte del Cementerio San Lázaro	75	75	439 de Sacatepéquez
20	Terreno para anexar el Cementerio General de	Cementerio General de La Antigua Guatemala	9811	108	85 de Sacatepéquez
21	Mausoleo Municipal	Fraccionamiento No.3 de la zona 3 del cementerio General San Lázaro	-	-	-
22	Sitio del Santisimo	La Antigua Guatemala	12982	126	97 de Sacatepéquez
23	Sitio del interior del cuartel	A un costado del Palacio de los Capitanes	8492	176	79 de Sacatepéquez
24	Garita en el puesto y puente del Río Pensativo	Entrada desde la Capital a La Antigua Guatemala	-	-	-
25	Garita de control de peaje y control de tráfico	Al final de la Alameda Santa Lucía y salida a Ciudad Vieja	-	-	-
26	Garita de control de peaje y tráfico	Situada en la Calle Ancha de los Herreros	-	-	-
27	Centro de Servicios Mercado Municipal	Calzada Santa Lucía y finca la Pólvora	-	-	-
28	Estadio Pensativo	Calle Ancha de los Herreros	-	-	-
29	Anexión al Estadio Municipal	La Antigua Guatemala	16898	238	113 de Sacatepéquez
30	Terrenos para anexar al Estadio Municipal	Calle Ancha de los Herreros	6494	17	155 de Sacatepéquez
31	Incinerador de basura	Callejón del Rastro y del Calvario	57	108	77 de Sacatepéquez
			29684	141	195 de Sacatepéquez
32	Salón Cultural Cesar Brañas	5a. Calle Poniente, Finca Municipal La Pólvora	-	-	-
33	Escuela Normal de Señoritas	La Antigua Guatemala	12978	122	97 de Sacatepéquez
34	Edificio de La Antigua Universidad	5a. Calle oriente y 3a. Ave. Sur	12977	121	97 de Sacatepéquez
35	Tereno de la Calle Ancha de los Herreros	Contiguo al centro de salud	6365	138	153 de Sacatepéquez
36	Edificio para la auxiliatura	San Cristóbal el Bajo	-	-	-
37	Inmueble	San Cristóbal el Bajo	-	-	-
38	Edificio municipal de San Felípe de Jesús	Calle Real zona A, San Felipe de Jesús	12241	103	95 de Sacatepéquez
39	Terreno de la comunidad	San Felipe de Jesús	12237	99	95 de Sacatepéquez
40	El Llano	San Felipe de Jesús	12238	100	95 de Sacatepéquez
41	La Feria	San Felipe de Jesús	12239	101	95 de Sacatepéquez
42	Cementerio	San Felipe de Jesús	12240	102	95 de Sacatepéquez
43	Predio Poste Público	San Felipe de Jesús	12242	104	95 de Sacatepéquez
44	Plaza Pública	San Felipe de Jesús	12243	105	95 de Sacatepéquez
45	Instalación deportiva en el terreno llamado la	San Felipe de Jesús	12968	112	97 de Sacatepéquez
46	Cabildo Municipal con Plaza Pública	San Juan del Obispo	12504	166	95 de Sacatepéquez
47	Escuela de varones y huertas municipales	San Juan del Obispo	12505	167	
48	Salón Comunal de San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	-	-	-
49	Clínica Medicas	San Juan del Obispo	-	-	-
50	Cementerio	San Juan del Obispo	12506	168	95 de Sacatepéquez
51	Astillero Comunal	San Juan del Obispo	4297	2019	76 de Sacatepéquez
			1289	97	No se encuentra No. De Libro
52	Lote de terreno en ejidos	San Juan del Obispo	14520	38	104 de Sacatepéquez

Continuación Cuadro 155

53	Terreno el recuerdo	San Juan del Obispo	14186	301	102 de Sacatepéquez
54	Terrreno en San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	30775	251	244 de Sacatepéquez
55	Terreno el Lazarito	San Juan del Obispo	14188	313	102 de Sacatepéquez
56	Terreno en la Aldea San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	29722	180	195 de Sacatepéquez
57	Terreno en San Juan de Obispo	San Juan del Obispo	116	16	293 de Sacatepéquez
58	Tanque de Agua	San Juan del Obispo	29235	22	239 de Sacatepéquez
59	Cabildo, escuela de varones, prisión de	San Mateo Milpas Altas	-	-	-
60	Astillero Comunal	San Mateo Milpas Altas	11953	64	94 de Sacatepéquez
61	El Manantial	San Mateo Milpas Altas	5842	213	151 de Sacatepéquez
62	Terreno	San Mateo Milpas Altas	20484	298	124 de Sacatepéquez
63	Terreno el Bosque	San Mateo Milpas Altas	-	-	-
64	Vertedero de basura	San Juan Alotenango	195	195	475
			198	198	457
			3621	121	8E
			8124	124	17E
			194	194	411
					todos del Departamento de Sacatepéquez
65	Terreno	Pastores	1187	192	291 de Sacatepéquez

Fuente: Unidad de acceso a la información de Antigua Guatemala, 2017

Según el Cuadro 139. Existen territorios que son ya ocupados y funcionan como escuelas, plazas, ruinas y casas. Aunque existen terrenos sin uso ubicados en San Mateo Milpas Altas y San Felipe de Jesús, no cumplen el espacio requerido para albergar la proyección de basura solicitada, según el espacio estudios elaborados al vertedero actual (ver anexo Q y P). Los accesos no son adecuados para la circulación de camiones y hay poblados muy próximos que podrían generar disgusto por contener un relleno sanitario en las cercanías de sus hogares. Estos terrenos fueron visitados y clasificados mediante fichas técnicas que examinaban sus principales características (ver anexo N y M).

Figura 93. Terreno El Bosque, San Mateo Milpas Altas



Figura 94. Terreno el Llano, San Felipe de Jesús



En la Finca Florencia, en Santa Lucía Milpas Altas, se encuentra un territorio que es propiedad de la municipalidad de Guatemala. Actualmente alberga un incinerador deshabilitado. Según personal operativo del vertedero “EL CHOCONAL”, este incinerador trabajó por un par de años en un proyecto de biodiesel junto con la Municipalidad de Guatemala.

En este proyecto se incineraban aceites orgánicos, entre otras cosas. Por carecer de una correcta administración, este proyecto se descontinuó y fue abandonado. No es posible habilitarlo de nuevo ya que toda su instrumentación fue desalojada.

Figura 95. Territorio Municipal, Finca Florencia



Aunque el incinerador esté deshabilitado, el terreno aún es capaz de ser utilizado. Cuenta con un área considerable para albergar un relleno sanitario que cumpla con las solicitudes proyectadas de desechos.

c. Estudios preliminares. A esto se agrega que, por su cercanía con el vertedero “EL CHOCONAL”, se cuenta ya con variedad de estudios y diseños que podrían adaptarse para este nuevo territorio. Aunque aún existe la cercanía próxima a cuerpos de agua (ver anexo P, Q y N) y los lixiviados representan un peligro para estos, se ha comprendido que la producción y el origen de lixiviados es directamente proporcional a la interacción directa de los desechos sólidos con fuentes de agua externa. Por lo que, si se realiza un desarrollo correcto para mitigar este obstáculo, su función será satisfactoria.

Independientemente de la solución a seleccionar, es necesario la actualización del censo para Antigua Guatemala y sus centros poblados próximos. Ya que es necesario identificar la cantidad real de usuarios que contará el nuevo tratamiento de desechos sólidos.

Figura 96. Incinerador deshabilitado



d. Tratamiento de desechos sólidos

1) Relleno sanitario. Por sus características económicas, la familiaridad y aceptación Guatemala por trabajar con relleno sanitario; será este mismo el que se considerará construir.

2) Planta de tratamiento de clasificación y separación. Se considera el apoyo de esta planta de tratamiento para asistir de manera funcional el tratamiento de desechos sólidos en Antigua Guatemala. Esto será complemento de la clasificación y caracterización de desechos previa en el proceso de recolección.

3) Tratamiento de lixiviados y gases tóxicos. Existe ya un diseño teórico para el tratamiento de lixiviado en el vertedero “EL CHOCONAL”. Este puede adecuarse para funcionar en este terreno próximo. Es necesaria la impermeabilización del suelo, ya que en el estudio geotécnico no demuestra la presencia de suelo impermeable en profundidades cercanas, será necesario el recubrimiento del suelo por medio de geocompuesto o geomembranas que garanticen la captación de lixiviados.

e. Equipo y maquinaria. Es necesario adquirir maquinaria propia para la municipalidad de Antigua Guatemala, deberá realizarse por etapas, pero será necesario que la maquinaria esté disponible para el trabajo en cualquier época del año.

Deben cumplir con características mínimas y modelos comerciales para que el mantenimiento de los mismos no sea un trabajo complejo. Tener maquinaría arrendada supone no desembolsar presupuesto en su mantenimiento, pero entorpece la planificación de proyectos en mediano y largo plazo.

f. Transporte y recolección de desechos sólidos. El servicio de transporte y recolección continuará siendo una obligación encargada hacia empresas privadas, pero se recomiendo absorberla en un futuro por la municipalidad. Esto para poder implementar rutas que optimicen la circulación de basura e implementar una metodología de clasificación y caracterización primaria. Además, que la remuneración económica por este servicio llegaría directo para el presupuesto del tratamiento de desechos sólidos.

Debe tomarse en cuenta que, si el tamaño de los camiones fuera regulado, el control y medición de desechos sólidos fuera más eficiente en el proceso de ingreso al establecimiento de tratamiento de desechos.

1) Tarifas e impuestos. La tarifa por el ingreso de camiones es sumamente importante que se normalice y se defina después de un análisis financiero que suponga la integración de factores como lo es el volumen y peso del camión, entre otras cosas. Debe ser establecido bajo fundamentos teóricos para evitar que este no sea respetado o que pueda variar en un futuro a corto o mediano plazo.

Este tributo representará un ingreso directo para el sostenimiento del establecimiento, por lo que será obligatorio cumplirlo. Además de llevar una correcta administración en cualquier tramo del proceso.

g. Material de cobertura. Debido a que este factor no presenta deficiencia actualmente, se propone mantener la metodología de trabajo, pero siempre estar pendiente de cualquier alteración que pueda ocurrir. Es necesario alcanzar acuerdos para abastecer el establecimiento de material de cobertura.

h. Disponibilidad de tratamiento de desechos sólidos. Con el cierre técnico del vertedero “EL CHOCONAL” establecido para inicios del año 2018, es necesario ubicar un nuevo hogar para los desechos de Antigua Guatemala. De cualquier manera, la solución planteada con anterioridad llevará tiempo de concretarse.

El terreno debe prepararse y adecuarse para albergar todo este material y debe de ser funcional desde sus inicios. Durante este periodo de preparación, será necesario utilizar un establecimiento auxiliar que dé garantías del correcto manejo de desechos sólidos y además tenga la capacidad y disponibilidad para esta acometida.

El consejo municipal ha avanzado ya en acuerdos para migrar sus desechos hacia La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (“AMSA”). Según el Libro de Actas, se han tratado reuniones por dicho tema he incluso hay registros que camiones provenientes de Antigua Guatemala han llegado a verter su basura ha “AMSA”. (ver anexo P y Q)

Esto puede conllevar a ciertos argumentos por la razón que “AMSA” únicamente trata desechos sólidos provenientes de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

4. La autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del Lago de Amatitlán.

a. Presentación.

"La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán "AMSA" inició sus labore el 18 de septiembre de 1,996 con el propósito de resguardar y recuperar el Lago de Amatitlán, mediante la descontaminación y el uso racional de los recursos renovables y no renovables de las zonas de recarga de acuíferos y zonas boscosas. "AMSA" se constituye por divisiones.

Dentro de los proyectos de "AMSA" está la reforestación, el cual repone y estabiliza los suelos mediante la recuperación de áreas boscosas. "AMSA" también cuenta con programas de concienciación y formación de una cultura ambiental para la población los cuales son implementados por la división de educación ambiental"

(La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán, 2017)

"AMSA" trabaja por medio de dos divisiones, una de ellas es la división técnica que se encarga del manejo y tratamiento de desechos sólidos que corresponden a la Cuenca del Lago de Amatitlán. Ellos cuentan con un vertedero controlado que opera desde el año 1997. Es considerado vertedero controlado porque, aunque tengan un sistema de tratamiento eficiente de lixiviado, los gases provenientes de los desechos son liberados directamente hacia la atmosfera.

b. Ubicación.

El vertedero de "AMSA" está ubicado en el kilómetro 22 CA-9 Bárcenas, en el municipio de Villa Nueva (ver anexo A). Existe una distancia de, aproximadamente, 20 kilómetros entre este "AMSA" y "EL CHOCONAL" (ver anexo A).

c. Clasificación de desechos.

"AMSA" trata los desechos sólidos de las siguientes categorías:

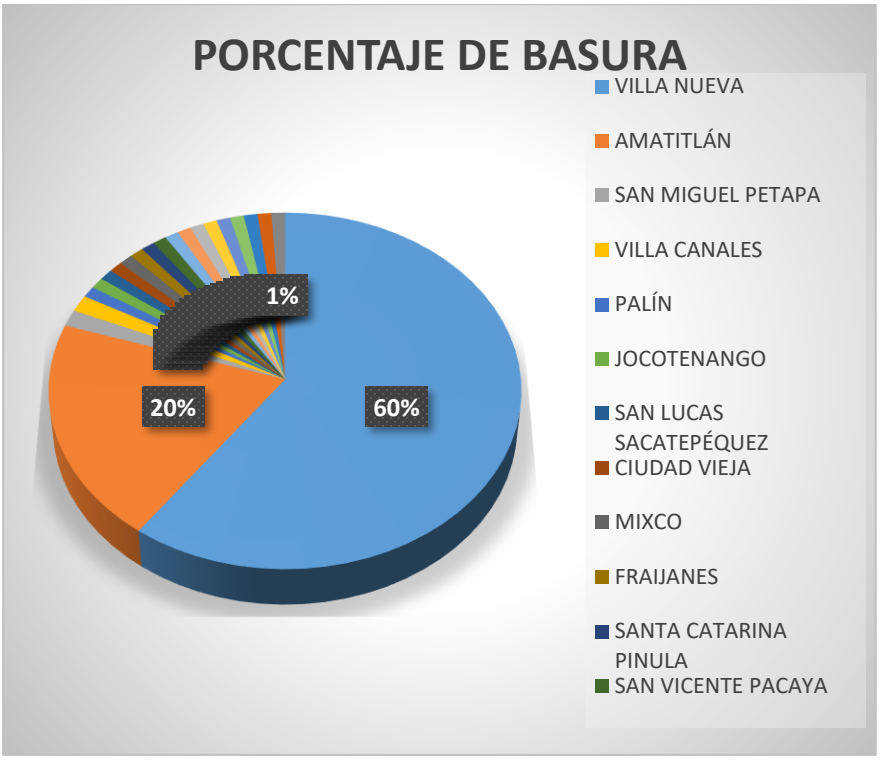
- Industrial.
- Mercado.
- Hospitalario.
- Rastro.
- Domiciliar.

La caracterización y clasificación se ha realizado previamente, los usuarios del vertedero deben reportar el tipo de desechó que estarán transportando y este debe de coincidir con el desecho físico que llevarán posteriormente.

d. Usuarios de "AMSA".

En el mes de agosto del 2017 se contabilizó el ingreso de basura de 38,679.69 toneladas. Como se puede observar en el Cuadro No. 156 hay usuarios del vertedero que no pertenecen directamente a la cuenca del lago de Amatitlán. De hecho, se puede identificar que un 1% de la basura en "AMSA" fue proveniente de Antigua Guatemala.

Cuadro 156. Representación, en porcentaje, de aportación de desechos sólidos en "AMSA"



Fuente: Autoridad para el manejo sostenible de la cuenca del lago de Amatitlán, 2017

e. Diseño inicial. El vertedero de AMSA tiene una superficie territorial de aproximadamente 217,087.51 m2 delimitados por fases:

- Fase 1= 93,711.53 m2
- Fase 2= 123,375.98 m2

La Fase 1 llegó a su vida útil después de 10 años de funcionamiento, se realizaron estudios necesarios para una ampliación, y luego inició en funcionamiento la Fase 2. La Fase 1 se encuentra en el proceso del cierre técnico Mientras que la Fase 2, teóricamente, tiene una vida útil proyectada de 2 años más.

En sus inicios, el suelo fue impermeabilizado y existe la instalación de un sistema de drenaje que transporta los lixiviados generados por los desechos hacia pilas donde estos son tratados.

Diariamente los lixiviados son sometidos a un proceso de deshidratación por medio de cal, la cual absorbe los elementos tóxicos del líquido. Luego de esto se bombean los líquidos superficiales 50.00 metros hacia arriba para recircular los mismos y reiniciar el proceso de deshidratación.

Figura 97. Vertedero controlado "AMSA" Fase 2



f. Adecuaciones. En el diseño inicial, no existía ningún tratamiento para los gases producidos por los desechos. En el año 2010 se instalaron chimeneas para liberar los gases que se encontraban atrapados en las profundidades, para evitar la conformación de gases más tóxicos. Actualmente los gases son liberados a la atmosfera sin ningún tipo de tratamiento.

g. Personal operativo. "AMSA" cuenta con 10 personas calificadas para el proceso operativo del vertedero controlado. Además, autorizan a 150 personas recolectoras para el ingreso diario al vertedero.

h. Maquinaria. La maquinaria utilizada es propiedad de la Municipalidad de Guatemala y corresponda a la siguiente:

- 1 patrol.
- 1 retroexcavadora.
- 2 camiones de volteo.
- 1 cargador

i. Transporte y recolección de desechos sólidos. El personal operativo del vertedero controlado “AMSA”, mantiene un protocolo estructurado para dar ingreso a los camiones que soliciten depositar los desechos sólidos en dicho establecimiento. Una vez ingresados los camiones, dependiendo de los desechos sólidos que contiene, inician el proceso de tratamiento.

El personal operativo debe reconocer el estado con el que llega el camión y la cantidad de volumen de desecho que lleva consigo. En función de esto será el proceso al que se someterá.

1) Tarifa e impuestos. Por ser una organización de tratamiento de residuos, “AMSA”, no tiene capacidad de cobrar impuesto por el servicio que brinda en el vertedero controlado. La contraloría general de cuentas no lo permite. En sus inicios, “AMSA” se auto sostenía y adecuaba su presupuesto para trabajar bajo estas normativas.

En el año 2015 solicitó trabajar en conjunto con la Municipalidad de Guatemala para que ellos absorbieran el trabajo operativo y de esta manera poder cobrar una tarifa que permitiera sostener el presupuesto establecido para su funcionamiento. “AMSA” no podía más ser autosostenible sin ningún ingreso por este servicio. La tarifa actual corresponde a Q60.00 por camión ingresado.

En la actualidad, la municipalidad de Guatemala se encarga del trabajo operativo más no del trabajo administrativo. Ya que “AMSA” mantiene sus procesos administrativos, reglamentos, manuales de operaciones nacionales e internacionales.

Figura 98. Vertedero controlado "AMSA", Fase 1. Cierre técnico



j. Material de cobertura. “AMSA” se abastece de material de cobertura por medio del dragado de ríos (michatoya) generado por el instituto nacional de electrificación (INDE).

El dragado de ríos tiene como objetivo la limpieza de rocas y sedimentos ubicados en la profundidad de los mismos. Esto con el objetivo de aumentar la profundidad de un canal navegable.

(Cantanhede, 1999)

k. Vida útil y cierre técnico. Según el diseño teórico del vertedero controlado “AMSA”, se pronostica el cierre técnico para la Fase 2 entre los próximos 2 años. Esto dependerá del procesos operativos y administrativos ocurrente en este periodo. Así como la demanda del vertedero.

l. Legislación y normativas. “AMSA” cuenta con su propio manual de operaciones técnicas, así como su manual de seguridad y reglamentos. Ambos son aprobados por el ministerio de ambiente y recursos naturales de Guatemala.

Cabe resaltar que también utilizan normativas internacionales para tratar desechos peligrosos (ya que en Guatemala no existen dichas normativas). Desechos como el asbesto están categorizados en esta clasificación.

VI. CONCLUSIONES

A. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

La cuenca del Río Guacalate conforma parte alta de la cuenca del Río Achiguate, con un área total de 406.36 km2, un perímetro de 89.57 km, una longitud total de 22.9km desde Alotenango hasta Sumpango, un ancho promedio de 17.74 km. Tiene una orientación de Norte a Sur para el Río Achiguate, y sus factores, tanto de forma como de compacidad, son 0.77 y 1.25 respectivamente. La densidad de drenaje tiene 1.39 km/km2, donde tiene capacidad para drenar el agua de la cuenca y el Río Guacalate pasa a ser de 5to Orden en las cercanías de la Antigua Guatemala y Ciudad Vieja.

La demografía nos describe la situación del poblado y su comportamiento, donde la mayoría de la población está concentrada en la ciudad colonial, siendo esta un patrimonio cultural y ciudad turística, donde en el futuro tendrá problemas de espacio y se extenderá a su alrededor, incrementando el estrato impermeable y más descargas de aguas residuales aportando al Río Guacalate.

La cobertura de uso de suelo en la cuenca del Río Guacalate ha cambiado debido al incremento de la población ya que los poblados se han extendido y se realizan nuevos proyectos de urbanización. Por el momento, la cobertura de urbanización es de tan solo el 8.9% del área de toda la cuenca, donde los sistemas pluviales se encargan de llevar toda la escorrentía a los ríos cercanos de cada poblado. El Río Guacalate es el río principal donde se sitúan las cabeceras municipales y todos los sistemas pluviales descargan en esta corriente. La cobertura forestal garantiza menos escurrimiento y mayor infiltración para las aguas subterráneas, y en toda Guatemala se han deforestado miles de hectáreas de bosque, afectando el ecosistema y la recarga hídrica.

Las zonas de peligro, tanto en inundaciones como deslizamientos, han ido incrementándose debido al cambio climático en los últimos tiempos. Cada año llueve aproximadamente la misma cantidad, dependiendo del sector, pero el tiempo en el que cae la lluvia ha disminuido, sintiendo más intensas las lluvias por poco tiempo. En total, las zonas de peligro en la cuenca cubren un 66.4% de la misma, donde se sitúan varios poblados por la facilidad de desechar el agua al río principal, y debajo de las montañas y cerros para que su acceso no sea complicado.

El Río Guacalate presenta una gran alta concentración de grupos coliforme, derivados de las heces de las personas. El río está tan contaminado por esta bacteria, que incluso en época lluviosa, es fácilmente detectar estos microorganismos. En total, se encuentran más de quince poblados grandes en las cercanías del Río Guacalate descargando aguas residuales en distintos puntos de la cuenca.

B. Agua potable

Hay un total de diecinueve pozos, veintidós tanques de distribución, once estaciones de rebombeo y veintiséis nacimientos en el sistema de distribución de agua potable de Antigua Guatemala y todos fueron caracterizados mediante visitas a cada componente. El caudal máximo horario para Antigua Guatemala es de 329 l/s. El caudal máximo diario es de 197 l/s. El caudal máximo proporcionado por las captaciones a la red de distribución es de 224 l/s. El agua de la red de abastecimiento de agua potable se considera sanitariamente segura para el consumo humano según las muestras tomadas y los parámetros establecidos en la norma COGUANOR NTG 29001 con la posible excepción del pozo de la Chácara ya que no se tomó muestras y no tiene un sistema de cloración funcional. Se realizó cuatro archivos shape en QGIS de los nacimientos, estaciones de rebombeo, pozos y tanques de distribución donde cada componente se encuentra georreferenciado según el sistema de coordenadas UTM y cada shape tiene en su tabla de atributos las características y propiedades de los elementos. Se realizó fichas técnicas para la determinación del estado de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

C. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

Según los resultados de este estudio, el consumo de agua por parte del sector de hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala representa solamente el 0.02% del consumo de agua total frente al consumo de agua residencial municipal. Sin embargo, es esencial que el sector mantenga su posición de liderazgo en cuanto al aprovechamiento responsable y eficaz del vital líquido, para así evitar futuros escenarios en los que el sector compita con los residentes y otros sectores por el agua.

En cuanto al presente estudio, es fundamental incluir a más establecimientos dentro de la muestra, para que los resultados se apeguen más a la realidad y se puedan tomar decisiones más aterrizadas para diseñar y emplear acciones a pequeña, mediana y gran escala que tengan el objetivo de reducir el consumo de agua por parte del sector. Asimismo, es necesario que todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento conozcan los datos exactos que tienen relación con su consumo de agua real, para lograr que la herramienta de medición arroje resultados más precisos.

D. Drenaje pluvial

Se localizaron todas las alcantarillas de drenaje pluvial de Antigua Guatemala y se elaboró un mapa temático en Qgis. Se tiene un total de 145 alcantarillas para toda Antigua Guatemala. Además, se determinó que la influencia de la urbanización al proceso de lluvia escorrentía es evidente, ya que al impermeabilizar los suelos el área tributaria aumenta un 60% provocando una mayor acumulación de escorrentía, provocando una mayor demanda a los sistemas de evacuación de aguas pluviales. También se determinó que varias tuberías del sistema de drenaje pluvial analizadas están expedidas a un 200% de su capacidad lo que provoca

que la escorrentía no sea captada, creando una mayor escorrentía superficial. El total de las tuberías excedidas en su capacidad son 76 de las 208 tuberías analizadas.

E. Drenaje sanitario

El estado de los drenajes no es óptimo para transportar un caudal sanitario. Según los parámetros del INFOM que establecen velocidades entre 0.6 y 3 m/s y un tirante entre 10% a 90% del diámetro actual, se comparó contra los valores de diseño concluyendo que se necesita un rediseño para drenajes sanitarios. Se logró encontrar los pozos de visita que existen en el plano actual de la municipalidad de la Antigua Guatemala, así como nuevos pozos que no estaban registrados; se tomaron como enterrados los pozos de visita que no se encontraron en la superficie de La Antigua Guatemala. Considerando la información recopilada en la investigación, se genera una propuesta de una guía de operación y mantenimiento con diferentes soluciones para un sistema de drenajes sanitarios.

F. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario

Los sistemas que se manejan en el documento: Evaluación de las opciones descentralizadas de tratamiento de aguas residuales en el Condado de Santa Bárbara, son viables para implementarlas en el país. En Antigua Guatemala existen tres plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario administradas por la municipalidad de La Antigua Guatemala, las cuales son: San Cristóbal El Alto, San Mateo 2 y San Mateo1. La tercera planta mencionada está en desuso hace nueve años, por lo que se anda vertiendo las aguas residuales directamente al Río El Sauce. Por otro lado, ninguna de las tecnologías de las plantas San Cristóbal El Alto y San Mateo 2 han sobrepasado su capacidad máxima de diseño, exceptuando la trampa de grasa de la planta de San Mateo 2. Por último, la planta de San Cristóbal El Alto y de San Mateo 2, muestran que las coliformes fecales no cumplen con el Acuerdo Gubernativo 138-2017 y en relación con la segunda planta tampoco cumple el DBO_5, con una probabilidad que el elemento que esté fallando sea el reactor anaerobio de flujo ascendente o la trampa de grasa.

G. Desechos sólidos

En Guatemala existen establecimientos que tratan los residuos sólidos, de una población determinada, bajo normativas y regulaciones nacionales e internacionales. Antigua Guatemala no cuenta actualmente con un tratamiento de residuos sólidos seguro y regulado por organizaciones responsables del país. La Antigua Guatemala cuenta con un único establecimiento autorizado para el depósito de residuos sólidos municipales. No existe registro de botaderos clandestinos que alberguen basura sin el consentimiento de la municipalidad de Antigua Guatemala. La municipalidad de Antigua Guatemala cuenta con territorios, de su propiedad, que cumplen con los requisitos básicos para albergar un tratamiento de residuos sólidos funcional para las demandas actuales y proyectadas. Previo a la construcción del lugar que será dictado como “establecimiento para el tratamiento de residuos sólidos” autorizado por la municipalidad de Antigua Guatemala, es necesario

realizar estudios para identificar los parámetros y condiciones propias del establecimiento. Dichos parámetros afectaran directamente al diseño y metodología constructiva del tratamiento.

VII. RECOMENDACIONES

A. Estudiantes

1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

- Se recomienda verificar todos los archivos vectoriales e imágenes tengan el mismo sistema de coordenadas para que cada capa de información este alineada, y modificar un nuevo sistema de georreferencia del propio archivo si este mismo no se alinea con la información geoespacial.
- Se recomienda incluir otros aspectos demográficos como centros de salud, centros educativos y otras instituciones para determinar el nivel de desarrollo que tiene cada poblado.
- Para ser más específico, se recomienda delimitar distintas zonas de peligro de acuerdo a la tonalidad de los colores que marcan la probabilidad que ocurra un desastre, e identificarlos con archivos shape diferente.
- En el análisis del agua del Río Guacalate, se recomienda realizar una nueva muestra durante la época seca, donde se observa más la contaminación por parte de los drenajes sanitarios de los poblados cercanos al río principal y clasificar qué poblado contamina más este cuerpo de agua.

2. Agua potable

- Realizar un estudio del consumo de agua potable de la población para determinar la dotación de precisa, así como la curva de distribución horaria para diseño de tanques reguladores de distribución.
- Realizar un estudio para determinar la presión y velocidad del agua potable en la red de distribución para confirmar que los parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos del INFOM.
- Llevar a cabo un análisis costo-beneficio para determinar si es preferible la perforación de nuevos pozos o la construcción de nuevos tanques de distribución para abastecer el caudal de demanda.
- Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo con el fin de anteponerse a los problemas en lugar de corregirlos mientras surgen como se hace ahora. Se recomienda tomar en cuenta en el programa la limpieza de los pozos y sus estaciones de rebombeo, así como métodos para prevenir y manejar la corrosión. Esto se debe a que se pudo observar basura, escombros, materiales de construcción y corrosión en los componentes.

3. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

- Es fundamental incluir a más establecimientos dentro de la muestra, para que los resultados se apeguen más a la realidad.
- Es necesario que todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento conozcan los datos exactos que tienen relación con su consumo de agua real.

4. Drenaje pluvial

- Para futuros análisis hacer un levantamiento de Antigua Guatemala o insistir para que el RIC proporcione la información.
- Abrir todos los pozos para tener las cotas invert de cada pozo.
- Realizar los perfiles de los pozos para tener una mejor perspectiva de la pendiente y del estado de las tuberías y pozos.
- Para el cálculo de la precipitación se colocar pluviógrafo o pluviómetros para que en un futuro análisis de la situación de los drenajes pluviales se tenga información más certera.
- Tomar en cuenta la aportación de caudal de cada pueblo.
- Es importante que se tome en cuenta la aportación de escorrentía de esta montaña.
- Hacer un análisis de la cantidad y dimensiones adecuadas de las alcantarillas para cada tramo de tuberías.

5. Drenaje sanitario

- realizar el levantamiento de todos los pozos de visita para recolectar la altura de entrada y salida de cada pozo que se encuentra sobre la superficie de La Antigua Guatemala Sacatepéquez. Así como colocar toda la información en las tablas de atributos del programa QGIS.
- Hacer un levantamiento topográfico de todo el casco urbano y con ellos conseguir la altimetría y planimetría exacta de cada pozo de visita de la antigua Guatemala.
- Realizar una investigación sobre el caudal que aportan las aldeas aledañas al casco urbano de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez.
- Conseguir la pendiente exacta de cada tubería para realizar un rediseño hidráulico de los drenajes actuales.
- Adquirir la dotación exacta de restaurantes, hoteles y el promedio de casas dependiendo de su tamaño; para lograr tener el caudal exacto que va a tener cada tramo analizado y no suponer la misma dotación.
- Realizar un análisis costo-beneficio de la tubería existente para decidir si se mantiene como drenaje pluvial o sanitario.

- Ejecutar un estudio de suelos y de porosidad de las tuberías del sistema de drenajes, para conseguir el caudal de infiltración que tienen las mismas.

6. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario

- Al realizar los diseños de una planta de tratamiento de aguas residuales existente, sería preferible tener acceso a los parámetros de diseño que se utilizaron, para poder tener una comparación más acertada.
- Sería indispensable saber que terrenos posee la Municipalidad, sus ubicaciones y áreas efectivas de trabajo para el diseño de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales donde sean necesarias.
- Generar una comparación entre el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 con normas internacionales.
- Recopilar información pertinente de las plantas de tratamiento de aguas residuales privadas para tener una base de datos más amplia.

7. Desechos sólidos

- Generar información sobre fallas geológicas en Antigua Guatemala.
- Determinar si es posible y rentable la recuperación del incinerador ubicado en la Finca Florencia.
- Visitar distintos establecimientos de tratamiento de residuos sólidos e identificar buenas prácticas para proponerlas como soluciones.

B. Entidades encargadas

1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

- Clasificar la cobertura del uso de suelo para el municipio de Antigua Guatemala, para determinar las áreas que componen el suelo e identificar actividades específicas actuales que afecten la superficie del suelo.
- Para los estudios hidrológicos, se recomienda identificar estaciones pluviométricas disponibles y actuales para los diseños de drenajes, recarga hídrica, y escorrentía de acuerdo a las precipitaciones. Si no hay estaciones pluviométricas, establecer puntos de fácil acceso y con protección para futuros estudios.

2. Agua potable

- Reparar las tuberías en las bocas de los pozos de Santa Rosa, Candelaria 2 y San Juan el Obispo 2 Cementerio tienen fuga de alto caudal.

- En el pozo de Candelaria 2, esta fuga ha generado una acumulación de agua de por lo menos 10 cm de profundidad y el cableado eléctrico se encuentra dentro de este volumen de agua por lo que es urgente solventar la fuga y reposicionar los cables.
- Los pozos de San Juan el Obispo 2 Cementerio y San Mateo Milpas Altas no tienen corona en la válvula de retención. Esto se hizo para evitar manipulación de la válvula de las personas para evitar presiones demasiado elevadas. Se recomienda proteger de forma segura las bocas de los pozos para que las coronas puedan permanecer y no haya manejo de la válvula por una persona que no esté capacitada.
- El pozo de San Pedro el alto tiene la caja con el tablero eléctrico expuesta a la intemperie por lo que se recomienda la construcción de una caseta para proteger la caja y la boca del pozo de personas no capacitadas y de agua de lluvia.
- Los pozos que poseen manómetro funcional son ocho: Pila Colorada, El Guayabal, Santa Rosa, Candelaria 1, Hermano Pedro, San Cristóbal el Bajo, San Pedro el Alto y La Unión. Se recomienda reparar o instalar un manómetro en el resto de los pozos y estaciones de rebombeo.
- Reparar las fugas por fisuras de los tanques de distribución San Pedro el Alto, Santa Catarina Bobadilla y Santa Ana, así como la fuga en la válvula de retención del tanque El Guayabal.
- Completar el muro perimetral del pozo de Santa Ana ya que cualquier persona puede ingresar fácilmente a la estación de bombeo y a la boca del pozo, aunque el portón principal tenga candado.
- Los tanques de San Pedro el Alto, Santa Catarina Bobadilla y Santa Ana tienen fugas por fisuración de sus muros por lo que se recomienda impermeabilizar para maximizar el aprovechamiento del agua.
- Reparar el techo de lámina, preferiblemente cambiando la calidad del material, del tanque de Santa Inés ya que se encuentra en malas condiciones.
- Remover el cableado eléctrico que se encuentra dentro del tanque de Candelaria 2 ya que tiene el cableado eléctrico de las estaciones de rebombeo dentro del agua del tanque.
- Reemplazar la bomba de la estación de rebombeo del Hato 2 El Tambor por una de mayor potencia ya que el agua del tanque correspondiente a la estación de rebombeo se rebalsa debido a que se bombea menor caudal del que recibe ocasionando un desperdicio. Esto ocurre debido a que el caudal del pozo es mayor al de esta estación. Se debe tomar en cuenta que si se le aumenta demasiado la tubería se va a reventar.
- Arreglar la tubería en la estación de rebombeo de El Hato 1 ya que hay una fuga de gran magnitud en la válvula reguladora de presión y reemplazar el manómetro ya que no funciona correctamente.
- Instalar en todos los nacimientos: métodos de filtración y remoción de material de arrastre, tubería de desagüe y vertedero de rebase.
- Rehabilitar el equipo de cloración del pozo La Chácara.

- Reemplazar tuberías y accesorios en el pozo de San Juan el Obispo ya que se observó altos niveles de corrosión.

3. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

- Se deben realizar esfuerzos por concientizar a los dueños y/o administradores de los establecimientos de alojamiento y hospedaje acerca de la importancia de la conservación del agua, pues es un bien esencial en la construcción de una experiencia positiva para los huéspedes y el bienestar de los residentes.
- Contar con un registro adecuado del consumo de agua por cada uno de los establecimientos de hospedaje y alojamiento es fundamental, además de unificarlo con las bases de datos de otras instituciones como el INGUAT.
- Promover la medición del consumo de agua por el sector hotelero, siempre en un ambiente de colaboración interinstitucional e intersectorial.

4. Drenaje pluvial

- Para el cálculo de la precipitación se colocar pluviógrafo o pluviómetros para que en un futuro análisis de la situación de los drenajes pluvialesx se tenga información más certera.
- Hacer un análisis de la cantidad y dimensiones adecuadas de las alcantarillas para cada tramo de tuberías.
- Realizar una limpieza periódica en la época de invierno de cada alcantarilla.

5. Drenaje sanitario

- Cambiar las tapaderas de los pozos de visita ya que se encuentran en mal estado o sin identificación y sujetadores.
- Rehabilitar el acceso de los pozos de visita que están ubicados en el casco urbano de Antigua Guatemala.
- Realizar un mantenimiento para eliminar la plaga de cucarachas que existe en los pozos de visita de la ciudad.
- Hacer una campaña de concientización a las personas del casco urbano de Antigua Guatemala para botar los desechos sólidos en basureros y no en los sistemas de drenajes u calles.

6. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario

- Los sistemas de tratamiento subsuperficiales del documento: Evaluación de las opciones descentralizadas de tratamiento de aguas residuales en el Condado de Santa Bárbara, se pueden

utilizar para instituciones dentro del casco urbano de La Antigua Guatemala, siempre y cuando no alteren o destruyan los vestigios de la ciudad.

- Generar fichas técnicas y archivos GIS para las plantas de tratamiento de aguas residuales nuevas, tanto de carácter municipal como privado, para tener registro de las mismas y tener datos que sirvan para posteriores proyectos.
- Para reducir los coliformes totales en las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, se recomienda la desinfección de las aguas residuales.
- En los desarenadores actuales se debería utilizar solamente un tanque de los dos paralelos que se tienen para que uno se limpie mientras que el otro esté activo.
- En las trampas de grasa se recomendaría colocar un codo tipo T o L, para que la grasa remanente no entre a la tubería.
- Sustituir la roca existente en el filtro percolador por roca volcánica, debido a que esta posee mayor porosidad.

7. Desechos sólidos

- Solicitar información sobre rutas de recolección de residuos y desecho sólidos en La Antigua Guatemala para delimitar rutas críticas así optimizar procesos.
- Proponer un sistema de pre categorización de residuos y desechos para la población de La Antigua Guatemala. De esta manera la recolección y tratamiento de residuos será más eficiente.
- Solicitar el manual de operaciones y reglamentos utilizados por “AMSA”, esto con el fin de adoptar y mejorar procesos operativos y administrativos.
- Adquirir maquinaria pesada propia.
- Regular tarifa por el servicio de tratamiento de residuos sólidos.

C. Sector privado

1. Hidrología de la cuenca del Río Guacalate

- Se recomienda a las entidades privadas que compartan información de estaciones pluviométricas, ya sea vender información o intercambio de la misma para tener más estadística y cobertura de precipitaciones.
- Se recomienda que las industrias dentro de la cuenca mantengan un informe a las municipalidades sobre las actividades que manejan en el suelo y controlar las tuberías sanitarias que vierten en los ríos.

2. Consumo de agua por el sector hospedaje y alojamiento en La Antigua Guatemala

- Se recomienda que todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento utilicen la herramienta de medición del consumo de agua disponible en el sitio web de International Tourism Partnership.
- Es necesario que todos los establecimientos de hospedaje y alojamiento cuenten con sistemas de medición (preferiblemente por área) de su consumo de agua real para que puedan tomar las decisiones más adecuadas y ajustadas a la realidad en cuanto al ahorro y consumo eficiente del vital líquido.
- Se deben establecer planes de concientización con resultados previstos medibles para los colaboradores y huéspedes del hotel, y así monitorear constantemente los resultados que estos estén generando.
- Utilizar la herramienta HWMI de medición del consumo de agua, pues es importante conocer el consumo del establecimiento.
- Es imperativo conocer las tendencias en el consumo de agua por el sector, para tener un panorama amplio acerca de las posibilidades y desafíos que tiene la industria, y así implementar acciones y/o estrategias que hayan funcionado en otros establecimientos.

3. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario

- Los sistemas preferibles para las comunidades dentro de nuestro país son aquellas que tengan una inversión inicial baja, poco costo de mantenimiento, preferiblemente ningún dispositivo mecánico y poca mano de obra operacional.
- Contribuir al uso responsable del agua y fomentar el correcto manejo de las aguas residuales respetando el Acuerdo Gubernativo No.236-2006.

4. Desechos sólidos

- Adoptar y mejorar procesos operativos y administrativos internacionales que son actualmente utilizados y funcionales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Abramovich, B. B. (2007). *Demanda Bioquímica de Oxígeno.* Santa Fe, Argentina: UNL.

Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe* . Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.

Aguamarket. (2017). *Gases en aguas residuales*. Retrieved Abril 26, 2017, from Aguamarket: http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3774

Aldás, J. (2011). Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios). Quito, Ecuador: Universidad catolica del ecuador.

Alliancce For Water Efficiency. (2016). *Hotels and Motels Introduction*. Obtenido de Alliance For Water Efficiency: http://www.allianceforwaterefficiency.org/hotels_and_motels.aspx

Alvarado, H. A. (2012). *Diseño de un planta de tratamiento de desechos sólidos y plan de contingencia para el relleno sanitario el choconal, municipio de La Antigua Guatemala, Scatepéquez* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

AMANCO. (2016). *Manual técnico tubosistemas.* Guatemala .

Antunez, S. (2009). *Procedimiento de muestreo de agua superficial*. Retrieved from Facultad de Ciencias del ambiente de la Universidad Nacional : http://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf

Archila, M. (2005). Diseño del alcantarillado pluvial para proyecto urbanístico “Villas de Entreverdes”. Guatemala, Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Aros, V. (1997). Apuntes de Hidrología. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.

Baca Cuba, D., Huaylla Martínez, M., & Santa Cruz Salazar, J. (2013). *Plan de negocios para un hotel boutique ubicado en el distrito de Machu Picchu, Cusco (Tesis de maestría).* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.

Bateman, A. (2007). *Hidrologia básica y aplicada*. Retrieved from Grupo de Investigacion en Transporte y Sedimentos: https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf

Bellino, N. (2012). Aguas subterráneas. Conocimiento y explotación. Argentina: Universidad de Buenos Aires. Retrieved abril 26, 2017, from http://www.fi.uba.ar/archivos/aguasubterraneas-2012.pdf

Berganza, M. (1987). *Manual de Basura*. Guatemala: Instituto de fomento municipal.

Bianco, A. (2012, noviembre 21). *Esquema laguna facultativa*. Retrieved octubre 22, 2017, from Wikipedia: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esquema_laguna_facultativa.png

Bohdan, k. (2015, marzo 10). *Instalaciones.* Retrieved from https://es.slideshare.net/BohdanKhymera/294892950-temainstalaciones-1

Brida, J., Pereyra, J., Such, M., & Zapata, S. (2008). La constribución del turismo al crecimiento económico. *Cuadernos de turismo, 1*(22), 35-36.

Brtalik, K., Feraud, M., Huniu, K., Jennings, D., Kahan, H., & Travis, G. (2012). *Assessing decentralized wastewater treatment options in Santa Barbara County.* Santa Barbara, United States of America: University of California.

Campos, D. (2010). *Introducción a la hidrología urbana.* San Luis Potosí.

Cantanhede, Á. (1999). La Gestiòn y Tratameinto de los Residuos Genreados en los Centros de Atención de Salud. *Repertorio Científico*, 14-18.

Casas, R. (2014). Preparación del terreno para instalación de infraestructuras y plantación de frutales. (Paraninfo, Ed.) España. Retrieved mayo 2, 2017, from https://books.google.com.gt/books?id=6df7CAAAQBAJ&pg=PA75&dq=pozos+y+sondeos+captaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwic6u_x_srTAhUEbSYKHVusBjUQ6AEIJTAB#v=onepage&q=captaci%C3%B3n%20pozos&f=false

Castellanos, S. (2012). *Determinaciones de factores de consumo y de retorno de agua en dos condominios ubicados en sector A-3, ciudad de san cristóbal, zona 8 de mixco, Guatemala.* Guatemala : USAC.

Chiquín, E. (2009). Diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Area Urbana, del Municipio de San Pablo Tamahú, Departamento de Alta Verapaz. (U. d. Guatemala, Ed.) Guatemala, Guatemala. Retrieved septiembre 18, 2017, from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3000_C.pdf

Chow, V. y. (1994). *Hidrología Aplicada.* México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, S.A.

City and County of San Francisco. (2009). *Task 800 Technical memorandum No. 802 Green treatment plant technologies.* San Francisco, United States of America: City and County of San Francisco.

CODELCO. (2012, Agosto 11). *Codelco.* Retrieved from Intag: http://codelcoecuador.com/como-la-mineria-genera-residuos-toxicos/

Comisión Guatemalteca de Normas. (2013). para consumo humano (agua potable). Especificaciones. Retrieved febrero 2017, 13, from http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf

Comisión Nacional del agua. (2009). *Manual de agua potable, alcanatarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario.* México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2016). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: reactores anaerobios de flujo ascendente.* México D.F.: Comisión Nacional del Agua. Retrieved septiembre 13, 2017

CONRED. (2001). *Áreas ceclaradas de alto riesgo*. Retrieved from CONRED: http://www.conred.gob.gt/www/index.php?option=com_content&view=article&id=5733&Itemid=897

Contreras, G. (2017). *Entregarán equipos agrícolas a familias de Ixchiguán y Tajumulco* . Retrieved from Prensa Libre: http://www.prensalibre.com/guatemala/politica/entregaran-equipos-agricolas-a-familias-de-ixchiguan-y-tajumulco

Cristales, M. A. (2001). *Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.* Honduras: XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de ingenieria sanitaria y ambiental.

Deming, H. (1979). *El Agua: un recurso insustituible.* México D.F.

Departamento de control ambiental. (1994). *Reglamento sobre manejo de basuras.* San Salvador: Ministerio de salud.

Departamento de Control Ambiental. (1994). *Reglametno sobre rellenos sanitarios.* San Salvador: Ministerio de salud.

Departamento de saniamiento ambiental. (1993). *Impacto de los desechos sólidos en la salud pública*. San Salvador: Ministerio de salud publica y asistencia social.

Dinarés, M., & Saurí, D. (s.f.). Water consumption patterns of hotels and their response to droughts and public concerns regarding water conservation: The case of the Barcelona hotel industry during the 2007-2008 episode. Barcelona, España: Universitat Autónoma de Barcelona.

Ecodena. (2017, junio 17). *Trampa de grasas*. Retrieved octubre 22, 2017, from Ecodena México: http://www.ecodena.com.mx/trampas-de-grasas.html

EcuRed. (2, Abril 2017). *PH*. Retrieved Abril 2, 2017, from EcuRed: https://www.ecured.cu/PH

EcuRed. (2017). *Aguas residuales*. Retrieved marzo 31, 2017, from Ecured.cu: https://www.ecured.cu/Aguas_residuales

Enciso, J., & Lesikar, B. (2017). *Filtro de arena.* Texas, Estados Unidos: Texas A&M AgriLife Extension Service.

EPA. (1999). *Decentralized Systems Technology Fact Sheet Mound Systems.* Washington D. C., United States of America: United States Environmental Proyection Agency. Retrieved Julio 24, 2017

EPA. (2000). *Decentralized Systems Technology Fact Sheet Evapotranspiration.* Washington D.C., United States of America: United States Environmental Protection Agency. Retrieved julio 24, 2017

EPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Free Water Surface Wetlands.* Washington D.C., United States of America: United States Environmental Protection Agency.

EPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow.* Washington D.C., United States of America: United States Environmental Protection Agency. Retrieved julio 26, 2017

Espinosa, C. (2005). *Manual de mantenimineto de los sistemas de alcantarillado sanitario* . Nicaragua : INNA.

EU Life+ Investing In Water Project. (2017). *Water Consumption Benchmarks*. Recuperado el 16 de septiembre de 2017, de EU Life+Investing In Water Project: http://www.investinginwater.org/News/Want-to-save-water-Businesses-and-Hotels-provided-with-benchmarks/703

Falcón, M., Betancourt, M., & Vásquez, R. (2017). La evaluación integral de los impactos del turismo en función del desarrollo local sostenible. *Retos turísticos, 3*(9), 7-12.

Fattorelli, S., & Fernández, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico.* Italia: WASA-GN.

Flores, J. (n.d.). *Precipitación*. Retrieved from Universidad autónoma Agraria Antonio Narra: http://www.uaaan.mx/~jaflores/humedad/precipitacionApuntes.pdf

Framepool. (2004). *Tanque de aireación*. Retrieved octubre 22, 2017, from Framepool: http://footage.framepool.com/es/shot/968228918-tanque-de-aireacion-decantador-aguas-residuales-fuente

Galindo, B. (2007). *Diseño de la red de alcantarillado pluvial para la 1ª calle, entre 13 y 15 avenida, zona 5 y diseño del pavimento rígido sobre la 19 avenida y avenida el reformador, colonia Justo Rufino Barrios zona 5, municipio de San Marcos, San Marcos.* San Marcos: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gallegos, D. I. (2011, julio 13). *PTAR para pequeños poblados*. Retrieved octubre 22, 2017, from Slideshare: https://es.slideshare.net/ciimsa/ptarpequeas

Gálvez, A. (2004). *Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemal.

García, I. M., Betancort, J. R., Salas, J. J., Peñate, B., & et. al. (2006). *Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población.* Santa Cryz de Tenerife, España: Instituto tecnológico de Canarias, S.A.

García, Y., Argüelles, M., Cabrera, A., & Elizondo, P. (2014). Diagnóstico del impacto ambiental del turismo en el área protegida Península de Zapata. *Retos turísticos, 2*(3), 40-47.

Gensch, R., Eawag, & Sacher, N. (2014). *Leach Fields*. Retrieved Julio 24, 2017, from Sustainable sanitation and water management: http://www.sswm.info/content/leach-fields

González, M. (2006). *Gestión ambiental de los impactos del turismo en espacios geográficos sensibles.* Ecuador: Ediciones Abya Yala.

González, T. (2013). Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de Excretas de la Población del Corregimiento de Monterrey, Municipio de Simití, Departamento de Bolívar, Proponiendo Soluciones Integrales al Mejoramiento de los Sistemas y La Salud d. (P. U. Javeriana, Ed.) Bogotá, Colombia. Retrieved septiembre 18, 2017, from https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12488/GonzalezScancellaTerry2013.pdf?sequence=1

Gössling, S. (2005). Global Environmental Consequences of Tourism. *Global Environmental Change, 12*(4), 283-302.

Gray, N. (1994). *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones.* Madrid, España: Editorial Acribia, S.A.

Guatemala, D. O. (29 de diciembre de 1983). Acuerdo Gubernativo No. 1144-83. Ciudad de Guatemala.

Hall, M., & Lew, A. (2009). *Understanding and managing tourism impacts: An integrated approach.* Londrés: Routledge.

Herrera, B. (2005). Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, Aldea Sanguayabá Municipio de Palencia, Guatemala. (U. d. Guatemala, Ed.) Guatemala, Guatemala. Retrieved septiembre 18, 2017, from http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0041.pdf

Hilleboe, H. E. (1969). *Manual de tratamiento de aguas negras.* México D.F.: Limusa-Wiley, S.A.

Ho, L. E. (2002). *Conceptos Básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición* . Santiago de Cali.

Hornos Industriales LTDA. (2017, Septiembre 12). *Diseños y fabricación de hornos industriales.* Retrieved from Hornos incineradores: https://hornosindustriales.cl/Menu/2_Incineradores/hornos_incineradores.htm

IMABE IBÉRICA. (2015). *Equipos e instalaciones completas para el tratamiento y reciclaje de residuos sólidos.* Madrid: Waste Recycling.

IMCYC. (2012). *Tubos de concreto simple con juntas hermética para alcantarillado sanitario y drenaje pluvial* . México : Instituo del cemento y del concreto, A.C.

INE. (2011). *Encuesta nacional del ingreso y gastos familiares* . Guatemala.

INE. (2014). *Caracterización departamental Sacatepéquez*. Retrieved from https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/2uZ7y7XHWy3G92XqXmbAAgrCGhU4qbBO.pdf

INFOM. (2009). *Normas generales para el diseño de alcantarillados.*

INFOM-UNEPAR. (1997). *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales.* Guatemala.

Insivumeh. (2002). *Isolineas de precipitación*. Retrieved from http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Hidrologico/int20-30a.jpg

Instituto Guatemalteco de Turismo. (2016). *Boletín estadístico 2015*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de Estadísticas: http://www.visitguatemala.com/descargas/boletines2016/boletin-estadisticas-turismo-2015.pdf

Instituto Guatemalteco de Turismo. (2017). *Boletín estadístico 2016*. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de Estadísticas: http://www.visitguatemala.com/descargas/boletines2017/ocupacion-hotelera-2016.pdf

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Análisis de Agua, S.A., ARVA, Centro Nacional de Metrología, Clemente, A., Comisión del Agua del Estado de México, & HACH Company. (2015). *Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba.* México, México: Secretaria de Economía. Retrieved agosto 31, 2017

International Tourism Partnership. (2014). *Environmental Management for Hotels.* Retrieved from GreenHotelier.org.

International Tourism Partnership. (2016). *Global hotel groups collaborate to create industry first tool for water measurement*. Recuperado el 1 de mayo de 2017, de tourismpartnership.org:

http://tourismpartnership.org/carlson-rezidor/global-hotel-groups-collaborate-to-create-industry-first-for-water-measurement/

Izaguirre. (2010). *Ciclo Hidrológico y la Atmósfera*. Retrieved from Silde Share: https://es.slideshare.net/hotii/1-ciclo-hidrologico

Jaramillo, J. (1997). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.* Washington D.C.: CEPIS.

Jumapam. (2014, abril 28). *Planta tratadora El Crestón*. Retrieved octubre 22, 2017, from Jumapam: http://jumapam.gob.mx/planta-tratadora-el-creston/

Koolhaas, M. (2017). *Planimetría y altimetría. Apuntes topográficos agrícolas para el curso de riego en EEMAC.* Uruguay: Universidad de La Republica de Uruguay.

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán. (2017, Agosto 11). *AMSA.* Retrieved from amsa.gob.gt: http://amsa.gob.gt/web/amsa/

Lara, M. G. (2003). *Factores involucrados en el manejo de desechos sólidos domicilares, por parte del ciudadano* . Barcelona: Universidad de Barcelona.

Lesikar, B. (2012). *Septic tank/soil absorption field.* Texas, United States of America: Texas Agricultural Extension Service. Retrieved Julio 24, 2017

López, M. E. (2003). *Aguas residuales. Composición.* Retrieved from http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

López, R. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

López, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acuaeductos y alcantarillados.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros.

Mamani, G. (2014, septiembre). *Filtros intermitentes de arena*. Retrieved octubre 22, 2017, from Slideshare: https://es.slideshare.net/gilmarmamaniescobar/filtros-intermitentes-de-arena

Márquez, J. (2014). *Los diferentes tipos de ríos*. Retrieved from Universo Marino: http://universomarino.com/2014/04/01/los-diferentes-tipos-de-rios/

Martinez, G. (2014, noviembre 20). *Aguas residuales*. Retrieved octubre 22, 2017, from Tecnología aguas residuales: http://tecnoaguasjua.blogspot.com/2014/11/aguas-residuales.html

Martínez, O. (2011). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio el centro y sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio la tejera, municipio de san juan ermita, departamento de chiquimula.*

Melguizo, S. (1994). *Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones.* Retrieved from Centro de Publicaciones Universidad Nacional Medellín.

Méndez Novelo, C. G. (2011, agosto). *Digestión anaerobia de efluentes de fosas sépticas*. Retrieved octubre 22, 2017, from Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000300008

Mendoza, M., Monterrubio, J., & Fernández, M. (2011). Impactos sociales del turismo en el Centro Integralmente Planeado (CIP) Bahías de Huatulco, México. *Gestión turística, 1*(15), 45-73.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Acuerdo Ministerial Número 302-2015.* Guatemala: Gobierno de Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Acuerod Ministerial Número 302-2015.* Guatemala: Gobierno de Guatemala.

Ministerio del Agua . (2007). *Manual de operacion y mantenimineto de sistemas de alcantarillado sanitario en areas rurales.* La Paz: ABBASE LTDA.

Mintegui, J., & López, F. (1990). La ordenación agrohidrológica en la planificación. España: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Miranda, J. (1999). *Control de calidad en la fábirca de la empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), para los productos de cemento usados en los drenajes.* Guatemala.

Miranda, M. (2010). *Uso de la tierra en Guatemala*. Retrieved from Biotecnología e Ingeniería Genética Actual: http://marcosgmirandag.blogspot.com/2010/01/uso-de-la-tierra-en-guatemala.html

Mogollón, N. (2009, noviembre 16). *Lagunas de Oxidación*. Retrieved mayo 4, 2017, from El blog de Natalia Mogollón: http://nata.mogollon.over-blog.com/article-lagunas-de-oxidacion-39511344.html

Montilla, M. (2016). *Deslizamiento de Tierra*. Retrieved from Slide Share: https://www.slideshare.net/nelsonmh08/deslizamientos-de-tierra-causas-y-consecuencias

Muñoz, R. y. (2005). *Hidrología Agroforestal.* Mundi-Prensa.

National Reports. (2011, Febrero 21). *Gestión de residuos.* Retrieved from National Reports: http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/guatemala/waste.pdf

Navarro, S. (2008). Retrieved from Manual de topografía-Altimetría. : https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf

NDSA. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado de EPM. Medellín, Colombia.

Nihon Nasetsu. (2015, febrero 7). *DBO y DQO para caracterizar aguas residuales*. Retrieved septiembre 3, 2017, from Nikon Nasetsu: https://nihonkasetsuwater.com/2015/02/07/dbo-y-dqo-bod-and-cod-para-caracterizar-aguas-residuales/

Noguera, J. (2004). Ingeniería Ambiental, Sistemas de recolección y Evacuación de Aguas Resi- duales y pluviales. Bogotá, Colombia: Uninorte.

Ochoa, L. (2003). *Sistemas de información geográfica, ventajas y desventajas de su utilización en Guatemala*. Retrieved from Universidad de San Carlos de Guatemala: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0195_CS.pdf

Oddone, N., & Alarcón, P. (2016). *Fortaleciiento de la cadena de turismo de Antigua Guatemala y los municipios rurales del Departamento de Sacatepéquez.* Guatemala: CEPAL. Retrieved from Comisión Económipa para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Olivos Lara, I. E. (2010). *Tratamiento de Aguas.* Líma: Universidad Al As Peruanas. Retrieved agosto 31, 2017, from http://www.uap.edu.pe/intranet/fac/material/24/20102BT240224E10240108011/20102BT240224E1024010801117880.pdf

O'Neill, & Siegelbaum. (2002). *Hotel Water Conservation: A Seattle Demonstration*. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de Seattle.gov: https://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@water/documents/webcontent/HOTELWATE_200407081359093.pdf

OPS. (2005). *Operación y mantenimineto de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural.* Lima.

Organización Mundial de la Salud. (2007). Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. Retrieved agosto 11, 2017, from http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf

Organización Mundial del Turismo. (2013). *Día Mundial del Turismo sobre "Turismo y agua: hace falta un mayor esfuerzo para conservar el agua"*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de UNWTO: http://media.unwto.org/es/press-release/2013-09-30/dia-mundial-del-turismo-sobre-turismo-y-agua-hace-falta-un-mayor-esfuerzo-p

Organización Mundial del Turismo. (2015). *Panorama OMT del turismo internacional: edición 2015*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de UNWTO: http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416875

Organización Mundial del Turismo. (S.F). *Entender el turismo: glosario básico*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de UNWTO: : http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico

Organización Mundial del Turismo. (S.F.). *El turismo sostenible*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de UNWTO: http://sdt.unwto.org/es/content/definicion

Organización Panamericana de la Salud. (2002). Manual de diseño de galerías filtrantes. Lima, Perú. Retrieved mayo 2, 2017, from http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/igaleriasf.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. Lima, Perú. Retrieved mayo 2017, from http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/160esp-disenoreservorioselevados.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (n.d.). Conducción del Agua. Retrieved mayo 2, 2017, from http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/020867/020867-19.pdf

Oseida, J. M. (2014, febrero 13). Diagnóstico Situacional de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual Municipal, en el Departamento de Sacatepéquez. 97. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Mariano Galvez.

Osorio, P. C. (2002). *Determinación de la relación DQO/DBO en aguas residuales de comunas con población menor a 25000 habitantes en la VIII región.* Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María. Retrieved septiembre 2017, 3

Palaka, R. (2016). *Study of watershed characteristics using Goggle Elevation Service. Bharat Institute of Engineering and Technology.* . Retrieved from Geospatial World: http://www.geospatialworld.net/article/study-of-watershed-characteristics-using-google-elevation-service/

Papatheodorou. (1999). The demand for international tourism in the Mediterranean region. *Applied economics*, 619-630.

Pedagógica, C. (2008). *Los Ríos*. Retrieved from Plataforma Educativa de Recursos Digitales: http://cienciageografica.carpetapedagogica.com/2008/03/los-rios.html

Pedroza, R. (2007). Efectos de escala sobre la simulación del flujo de agua superficial en áreas urbanas usando modelos basados en la onda cinemática. Córdoba, España.: Universidad Nacional de Córdoba.

Pérez, J. y. (2012). *Demografía*. Retrieved from Definición.de: http://definicion.de/demografia/

Pizarro, R. e. (2007). Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la zona centro sur de chile. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. *PHI-VI / Documento Técnico Nº7*, 130.

PrensaLibre. (2015). *Lluvia en Antigua Guatemala causa inundaciones*. Retrieved from http://www.prensalibre.com/guatemala/sacatepequez/lluvias-en-antiguaguatemala-causan-inundaciones

QUIMA. (2013, mayo 17). *QUIMA*. Retrieved septiembre 9, 2017, from Trampa de Grasas: ¿Qué son? y ¿Cómo funcionan?: http://quima.com/trampas-de-grasa-que-son-y-como-funcionan/

Rancho, G. W. (2015). *Aplicación de metodología en el diseño de sistemas de lagunas de estabilización desarrollado para el distrito de Santa Rosa - Chiclayo.* Chiclayo: USAT. Retrieved octubre 22, 2017

Richards, G., & Hall, D. (2000). *The Community: A sustainable concept in tourism development.* Londrés: Routledge.

Rico, A. (2007). Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la comunidad valenciana. *Investigaciones geográficas*, 5-34.

Roa, M. (2012, marzo 14). *¿Qué es un flitro percolador?* Retrieved octubre 22, 2017, from Filtrospc: http://filtrospc.blogspot.com/

Roben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales.* Loja: Ilustre Municipalidad de Loja.

Rodríguez, A. (2014). *Análisis morfométrico de microcuencas afectadas por flujos de detritos bajo precipitación intensa en la Quebrada de Camiña, Norte Grande de Chile*. Retrieved from Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-68120140002000003

Rojas, P. (2015). *¿Qué es una curva hipsométrica?* Retrieved from INGECIV: http://www.ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/

RWL Water News Team. (2014, Febrero 21). *¿Qué es el Tratamiento con Lodos Activados?* Retrieved Mayo 3, 2017, from RWL WATER: https://www.rwlwater.com/que-es-el-tratamiento-con-lodos-activados/?lang=es

Sales, M. (2012). Comparación Del Modelo Estándar Y Modelo Wenzel Para Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia En La Cuenca Del Río Motagua. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sancho Pérez, A., & Gracía Mesanat, G. (2011). ¿Qué es un indicador? Análisis comparativo en los destinos turísticos. *Revista de análisis turístico, 2*, 35-50.

Sandoval, D. (2006). *Antigua Guatemala Map*. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de Ruta Maya: http://www.larutamayaonline.com/guatemala/maps/antigua_guatemala_map.php

Santambrosio, I. E. (2011, Octubre 27). *Demanda bioquímica de oxígeno DBO*. Retrieved Abril 27, 2017, from Universidad Tecnológica Nacional: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/DBO.pdf

SEDUE. (1985). *Teoría de los procesos físicos de tratamiento.* México: INE. Retrieved octubre 22, 2017

SIAPA. (2017). *Alcantarillado Pluvial*. Retrieved from Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pd

Soza, L. M. (2010). *Estudio de la evolución de una ETAR para la adecuación legislativa.* Cataluña, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

SSTP. (2015). *¿Qué es el Agua Residual?* Retrieved 03 31, 2017, from SSTP water technologies: http://www.sstp.mx/que-es-el-agua-residual.html

SSWM. (2014, julio 24). *Activated Sludge*. Retrieved octubre 22, 2017, from SSWM: https://sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-3

SSWM. (2017, octubre 20). *Septic Tank*. Retrieved octubre 22, 2017, from SSWM: https://www.sswm.info/print/879?tid=932

Stefano, L. D. (2004). *Freshwater and Tourism in the Mediterranean.* Roma: WWF Mediterranean Programme.

Tchobanoglous, G. (1982). *Desechos sólidos: Principios de Ingeniería y Administración.* Venezuela: Ambiente y los recursos Naturales Renovables.

Temez, J. R. (1978). Calculo hidrológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. In *Dirección General De Carreteras* (p. 113). Madrid, España.

United Nations Environment Programme (UNEP) & World Tourism Organization. (2012). *Tourism in the Green Economy*. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de UNWTO: http://web.unep.org/greeneconomy/sites/unep.org.greeneconomy/files/field/image/tourism_in_the_green_economy_unwto_unep.pdf

USAC; CEUR. (2007). *La problemática de la CIudad de Antigua Guatemala en la Actualidad* . Ciudad de Guatemala .

Var. (2002). Measuring the Economic Impact of Tourism. *Tourism Economics, 8*(3), 261-265.

Velasco, E. (2010). *Acciones necesarias para la conservación en condiciones de operación la planta de tratamiento de las aguas residuales.* Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California.

Vera-Rebollo, J. (2006). *Agua y modelo de desarrollo turístico: la necesidad de nuevos criterios para la gestión de los recursos.*

Viasus, L. (2012). *Manejo de Cuencas hidrográficas*. Retrieved from Slide Share: https://es.slideshare.net/lviasusviasus/cuencas-reconocimiento

Villela, D. J. (2014). *Diseño de planta de tratamineto de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Wall, G., & Mathieson, A. (2006). *Tourism: Change, impacts and opportunities.* Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.

WaterNSW. (2015, septiembre 9). *Evapotranspiration Absorption Beds*. Retrieved julio 25, 2017, from WaterNSW: http://www.waternsw.com.au/water-quality/catchment/living/wastewater/systems/evapotranspiration

WaterNSW. (2015, Julio 5). *Sand Mounds*. Retrieved julio 24, 2017, from WaterNSW: http://www.waternsw.com.au/water-quality/catchment/living/wastewater/systems/sand-mounds

Zorita, I. (2016). *El mercado del turismo en Guatemala*. Retrieved abril 20, 2017, from Oficina económica y comercial de la Embajada de España en Guatemala: http://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde2/njqz/~edisp/doc2016643457.pdf

IX. ANEXOS

ANEXO A

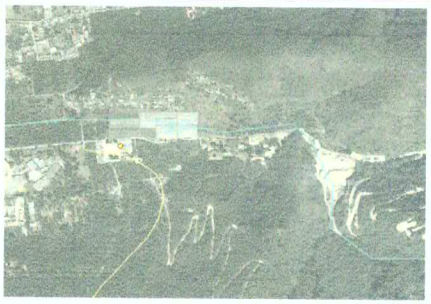
CUADROS DE DEMOGRAFÍA

Demografía La Antigua Guatemala			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo, Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744178 , 1610494	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sureste de Jocotenango, Noreste de Ciudad Vieja		
Población (Censo 2002)	41,097		
Categoría	Ciudad		
Altura	1530 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Chimaltenango			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	Chimaltenango	Quebrada del Rastro, Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	734696 , 1621985	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de la Cuenca del Río Guacalate, Carretera Interamericana CA1, Oeste de El Tejar		
Población (Censo 2002)	20,891		
Categoría	Ciudad		
Altura	1800 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santa Inés del Monte Pulciano			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	746026 , 1610668	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de La Antigua Guatemala, Antes de la entrada a la ciudad colonial		
Población (Censo 2002)	862		
Categoría	Aldea		
Altura	1575 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Bartolomé Becerra			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo, Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	743373 , 1609719	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Suroeste de La Antigua Guatemala, camino a Ciudad Vieja		
Población (Censo 2002)	2,172		
Categoría	Aldea		
Altura	1520 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Cristobal El Bajo			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río del Pilar	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	746789 , 1608809	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sur de La Antigua Guatemala, Camino a San Juan El Obispo		
Población (Censo 2002)	708		
Categoría	Aldea		
Altura	1550 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Cristobal El Alto			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Quebrada San Cristobal El Bajo	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	746218 , 1608218	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Entre San Cristobal El Bajo y Santa Catarina Bobadilla		
Población (Censo 2002)	258		
Categoría	Aldea		
Altura	1840 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santa Catarina Bobadilla			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Zanja Santa María	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	745040 , 1607610	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sur de San Gaspar Vivar, Norte de San Juan El Obispo		
Población (Censo 2002)	610		
Categoría	Aldea		
Altura	1565 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Juan Del Obispo			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Zanja Santa María	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744769 , 1606834	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de Ciudad Vieja, Bajo las faldas del Volcán de Agua		
Población (Censo 2002)	3,512		
Categoría	Aldea		
Altura	1610 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santa Ana			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río del Pilar, Río Pensativo	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	745291 , 1609789	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de San Cristobal El Bajo		
Población (Censo 2002)	1,063		
Categoría	Aldea		
Altura	1550 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Gaspar Vivar			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Zanja Santa María	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744748 , 1607870	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de San Juan Del Obispo		
Población (Censo 2002)	880		
Categoría	Aldea		
Altura	1550 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Juan Gascón			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	747667 , 1611491	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sur de San Mateo Milpas Altas, Antes de la entrada a La Antigua Guatemala		
Población (Censo 2002)	469		
Categoría	Aldea		
Altura	1660 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Mateo Milpas Altas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río El Sauce, Río Santa María, Río Colorado	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	748331 , 1613267	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de San Juan Cascón, Colinas Santa Lucía		
Población (Censo 2002)	1,765		
Categoría	Aldea		
Altura	1920 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Pedro Las Huertas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	Río Pensativo al Norte	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	743625 , 1607623	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Oeste de San Juan Del Obispo, Bajo las faldas del Volcán de Agua		
Población (Censo 2002)	3,833		
Categoría	Aldea		
Altura	1530 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Felipe Jesús			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Antigua Guatemala	-	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744663 , 1612375	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de La Antigua Guatemala, Cerro La Candelaria		
Población (Censo 2002)	4,627		
Categoría	Aldea		
Altura	1550 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Lorenzo El Cubo			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Ciudad Vieja	Rio Guacalate al Sur	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	740194 , 1608274	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Ciudad Vieja		
Población (Censo 2002)	3,979		
Categoría	Aldea		
Altura	1520 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Miguel Milpas Altas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Magdalena Milpas Altass	Río San Miguel, Río Pensativo	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	748837 , 1610249	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de La Antigua Guatemala, Oeste de Santo Tomás Milpas Altas		
Población (Censo 2002)	1,562		
Categoría	Aldea		
Altura	1960 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Lorenzo El Tejar			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Pastores	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	740007 , 1617108	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Pastores		
Población (Censo 2002)	2,454		
Categoría	Aldea		
Altura	1670 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Luis Las Carretas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Pastores	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	740837 , 1615688	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Pastores		
Población (Censo 2002)	697		
Categoría	Aldea		
Altura	1590 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santiago Zamora			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	San Antonio Aguas Calientes	Río Guacalate al Sur	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	737065 , 1609076	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Oeste de San Antonio Aguas Calientes, Norte de San Miguel Dueñas		
Población (Censo 2002)	813		
Categoría	Aldea		
Altura	1475 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Andrés Ceballos			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	San Antonio Aguas Calientes	Río Guacalate al Sur	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	737065 , 1609076	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sur de San Antonio Aguas Calientes		
Población (Censo 2002)	638		
Categoría	Aldea		
Altura	1465 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santo Tomás Milpas Altas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Santa Lucía Milpas Altas	-	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	750979 , 1610872	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de La Antigua Guatemala, Norte de Magdalena Milpas Altas, Cumbre Este de la Cuenca		
Población (Censo 2002)	4,471		
Categoría	Aldea		
Altura	1980 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía El Milagro			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Sumpango	Riachuelo Tocán	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	740294 , 1620381	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Cumbre Norte de la cuenca, Este de Sumpango		
Población (Censo 2002)	1,423		
Categoría	Aldea		
Altura	1810 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

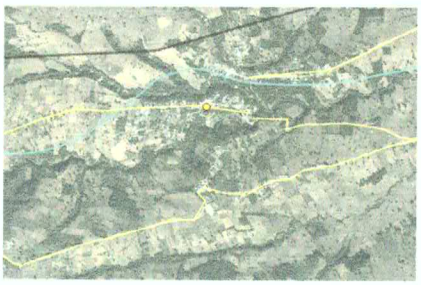
Demografía El Rejón			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Sumpango	Riachuelo Tizate, Riachuelo Papin	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	745123 , 1617719	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sureste de Sumpango		
Población (Censo 2002)	2,009		
Categoría	Aldea		
Altura	2025 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

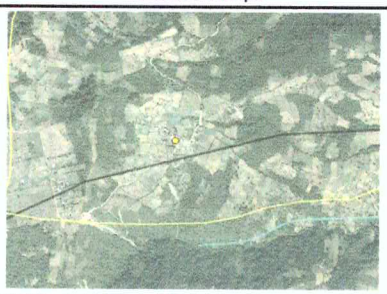
Demografía San Miguel Morazán			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	El Tejar	Riachuelo Tocán	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	739432 , 1619940	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de El Tejar		
Población (Censo 2002)	2,252		
Categoría	Aldea		
Altura	1780 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Parrojas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	Parramos	Riachuelo Paraxaj	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	735383 , 1612086	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Santa Catarina Barahona		
Población (Censo 2002)	295		
Categoría	Aldea		
Altura	2000 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Pampay			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	Parramos	Río Aqueyá, Riachuelo Durazno	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	732846 , 1613791	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Pampay		
Población (Censo 2002)	486		
Categoría	Aldea		
Altura	2190 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Chicasanga			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	San Andrés Itzapa	Río Negro, Inicio del Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	728837 , 1614433	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Pampay		
Población (Censo 2002)	348		
Categoría	Aldea		
Altura	2300 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Cajagualtén			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	San Andrés Itzapa	Río Chirijuyú Cajagualtén	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	733992 , 1614816	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Suroeste de Parramos, Noreste de Parrojas		
Población (Censo 2002)	456		
Categoría	Aldea		
Altura	1930 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Xeparquiy			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	San Andrés Itzapa	Río Aqueyá	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	732261 , 1614730	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de Cajagualtén, Norte de Parrojas		
Población (Censo 2002)	290		
Categoría	Aldea		
Altura	2260 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Chimachoy			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	San Andrés Itzapa	-	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	729997 , 1612738	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Cumbre Oeste de la cuenca, Sur de Chicasanga		
Población (Censo 2002)	810		
Categoría	Aldea		
Altura	2435 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

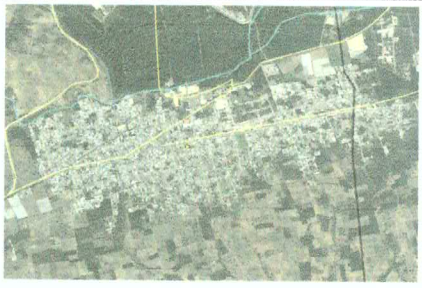
Demografía Santa Catarina Barahona			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Santa Catarina Barahona	Río Santa Catarina Barahona	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	738507 , 1609775	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Justo al Oeste de San Antonio Aguas Calientes		
Población (Censo 2002)	2,691		
Categoría	Pueblo		
Altura	1480 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Sumpango			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Sumpango	Quebrada Chixote, Quebrada Pedrero	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	743774 , 1620506	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Cumbre Norte de la cuenca, Este de El Tejar		
Población (Censo 2002)	16,719		
Categoría	Pueblo		
Altura	1880 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Pastores			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Pastores	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	741816 , 1614441	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de Jocotenango		
Población (Censo 2002)	5,947		
Categoría	Pueblo		
Altura	1570 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Magdalena Milpas Altas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Magdalena Milpas Altas	Río San Miguel	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	750530 , 1609567	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Cumbre Este de la cuenca, Sur de Santo Tomás Milpas Altas		
Población (Censo 2002)	5,057		
Categoría	Pueblo		
Altura	2045 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Antonio Aguas Calientes			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	San Antonio Aguas Calientes	Río Santa Catarina	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	739116 , 1609297	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Justo al Este de Santa Catarina Barahona		
Población (Censo 2002)	7,181		
Categoría	Pueblo		
Altura	1465 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Ciudad Vieja			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Ciudad Vieja	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	741176 , 1606848	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Oeste de San Juan Del Opispo y San Pedro Las Huertas		
Población (Censo 2002)	21,016		
Categoría	Pueblo		
Altura	1530 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Miguel Dueñas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	San Miguel Dueñas	Río Guacalate, Río Blanco	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	737323 , 1606676	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Oeste de Ciudad Vieja		
Población (Censo 2002)	7,392		
Categoría	Pueblo		
Altura	1560 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Alotenango			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Alotenango	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	736646 , 1602340	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Sur de San Miguel Dueño, entre Volcán de Agua y Volcán de Fuego		
Población (Censo 2002)	5,382		
Categoría	Pueblo		
Altura	1390 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Jocotenango			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Jocotenango	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	743363 , 1612540	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Noroeste de La Antigua Guatemala, Sureste de Pastores		
Población (Censo 2002)	4,636		
Categoría	Pueblo		
Altura	1540 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía Santa Lucía Milpas Altas			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ríos cercanos	
Municipio	Santa Lucía Milpas Altas	Río Las Cañas, Río Manzano	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	750331 , 1612772	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Norte de Santo Tomás Milpas Altas, antes de la bajada Las Cañas		
Población (Censo 2002)	3,040		
Categoría	Pueblo		
Altura	1970 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía El Tejar			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	El Tejar	Riachuelo Barranca Grande	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	737939 , 1620375	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Este de Chimaltenango, Oeste de Sumpango		
Población (Censo 2002)	6,308		
Categoría	Pueblo		
Altura	1760 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

Demografía San Andrés Itzapa			
Información general		Fecha	27/06/2017
Departamento	Chimaltenango	Ríos cercanos	
Municipio	San Andrés Itzapa	Río Guacalate	
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	732337 , 1617560	Ubicación mapa	
Localización y colindancias	Suroeste de Chimaltenango		
Población (Censo 2002)	15,526		
Categoría	Pueblo		
Altura	1845 msnm		
Programa	Qgis 2.14.9 Essen with grass		

ANEXO B

COORDENADAS TOMADAS EN CAMPO

			Latitud			Longitud		
ID	Nombre	Ubicación	Grados	Min	Seg	Grados2	Min3	Seg4
1	Pila Colorada	Z.1 San Felipe de Jesús	14	34	28	-90	43	59.6
2	San Felipe el Llano	Z.2 San Felipe de Jesús	14	34	24.4	-90	43	53.2
3	El Guayabal / El Hato	El Guayabal	14	34	47.2	-90	43	17.5
4	Santa Rosa	1ra Calle. 1ra Avenida. La Antigua Guatemala	14	33	38.6	-90	43	46
5	Candelaria II	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	14	33	47.4	-90	43	44.88
6	Candelaria I	1ra Avenida Norte Final. Col. Candelaria. La Antigua Guatemala	14	33	48.1	-90	43	44.94
7	La Chácara	Condomnio Las Gravileas. La Antigua Guatemala	14	33	35.5	-90	43	27.3
8	Santa Ana	Calle del Agua Sta. Ana	14	32	52.2	-90	43	16.5
9	Hermano Pedro	Col. Hermano Pedro Sta. Ana	14	32	57.3	-90	42	51.1
10	Sn. Cristóbal El Bajo	Sn. Cristóbal El Bajo	14	32	35.5	-90	43	30.5
11	Sn. Cristóbal El Alto	Sn. Cristóbal El Bajo	14	32	29.8	-90	43	28.4
12	Sta. Catarina Bobadilla	Sta. Catarina Bobadilla	14	31	51.3	-90	43	35.9
13	Sn. Juan el Obispo 1 La Cuchilla	Sn. Juan del Obispo	14	31	25.2	-90	43	34.7
14	Sn. Juan el Obispo 2 Cementerio	Sn. Juan del Obispo	14	31	26.0	-90	43	53.9
15	Sn. Pedro Las Huertas	Sn. Pedro Las Huertas	14	31	49.5	-90	44	23.8
16	Sn. Pedro El Alto	Sn. Pedro El Alto	14	31	42.8	-90	43	53.7
17	Sn. Bartolomé Plazuela	Sn. Bartolomé Becerra	14	33	5.70	-90	44	53.90
18	Parque La Unión	3ra Avenida. 6ta Calle. La Antigua Guatemala	14	33	18.6	-90	43	55.5
19	Sn. Mateo M.A.	San Mateo M.A.	14	34	43.9	-90	41	42.7

Coordenadas de pozos

			Latitud			Longitud		
ID	Nombre	Ubicación	Grados	Min	Seg	Grados2	Min3	Seg4
1	Candelaria 2	El Cerro de la Cruz	14	33	55.2	-90	43	36.4
2	El Cerro / La Guardianía	El Cerro de la Cruz	14	34	0.7	-90	43	49.4
3	El Caballo	El Cerro de la Cruz	14	34	1.8	-90	43	49.8
4	San Juan el Obispo / Cementerio 2	San Juan el Obispo	14	31	21.1	-90	43	41.3
5	San Pedro El Alto	San Juan el Obispo	14	31	26.4	-90	43	54.1
6	San Juan el Obispo / Cementerio 1	San Juan el Obispo	14	31	10.9	-90	43	44.9
7	Santa Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla	14	31	44.9	-90	43	27.3
8	El Llano	Z.3 San Felipe de Jesús	14	34	22.2	-90	43	41.4
9	Santa Ana	Calle del Agua Col. Hno. Pedro	14	32	55.3	-90	42	55.8
10	San Cristóbal El Alto	San Cristobal El Alto	14	31	59.6	-90	42	31.2
11	Finca El Pilar	San Cristobal El Bajo / Finca El Pilar	14	32	33.0	-90	42	47.7
12	San Cristóbal El Bajo Rural	Parte alta San Cristóbal el Bajo	14	31	38.9	-90	43	14.3
13	Santa Inés	Santa Inés	14	33	23.8	-90	43	4.6
14	San Pedro Las Huertas	Col. Los Cerritos San Pedro Las Huertas	14	31	21.2	-90	44	15.1
15	Tinaco Santa Catarina B.	Parte alta Sta. Catarina Bobadilla	14	31	46.2	-90	43	23.5
16	El Guayabal	El Guayabal	14	34	49.4	-90	43	13.4
17	Buena Vista	Buena Vista	14	35	33.1	-90	41	40.8
18	El Hato	El Hato	14	35	22.0	-90	42	34.6
19	El Cristo	El Cerro de la Cruz	14	33	58.1	-90	43	53.8
20	Colonia Hermano Pedro	Sec. 1 Col. Hermando Pedro	14	32	50.2	-90	42	46.4
21	San Mateo M.A.	San Mateo M.A.	14	35	3.8	-90	41	40.4
22	San Juan Gascón	San Juan Gascón	14	33	57.0	-90	41	39.4

Coordenadas de tanques de distribución

			Latitud			Longitud		
ID	Nombre	Nombre de Tanque	Grados	Min	Seg	Grados2	Min3	Seg4
1	El Hato 1 (El Barranco)	Rebombeo El Hato 1 (El Barranco)	14	35	16.1	-90	42	52.1
2	El Hato 2 (El Tambor)	Rebombeo El Hato 2 (El Tambor)	14	35	19.8	-90	42	45.6
3	San Felipe 1 Candelaria 2	Candelaria 2	14	33	55.2	-90	43	36.4
4	San Felipe 2 Candelaria 2	Candelaria 2	14	33	55.2	-90	43	36.4
5	La Guardianía	Candelaria 2	14	33	55.2	-90	43	36.4
6	Los Tres Postes	El Cerro / La Guardianía	14	34	0.7	-90	43	49.4
7	San Cristóbal El Alto	Rebombeo San Cristóbal El Alto	14	32	12.5	-90	43	12.8
8	Los Cerritos	Tanque San Pedro Las Huertas	14	31	21.2	-90	44	15.1
9	Sta. Catarina Bobadilla	Santa Catarina Bobadilla	14	31	44.9	-90	43	27.3

Coordenadas de estaciones de rebombeo

		Latitud			Longitud		
ID	Nombre	Grados	Min	Seg	Grados2	Min3	Seg4
1	Sausal Buena Vista 1	14	35	52.1	-90	41	47.7
2	Sausal Buena Vista 2	14	35	48.9	-90	41	47.0
3	Sausal Buena Vista 3	14	35	46.9	-90	41	46.0
4	Pilar 1	14	32	33.0	-90	42	47.7
5	Pilar 2	14	32	33.0	-90	42	47.7
6	Pilar 3	14	32	33.0	-90	42	47.7
7	Pilar 4	14	32	33.0	-90	42	47.7
8	Pilar 5	14	32	33.0	-90	42	47.7
9	Pilar 6	14	32	33.0	-90	42	47.7
10	Pilar 7	14	32	33.0	-90	42	47.7
11	Pilar 8	14	32	33.0	-90	42	47.7
12	Pilar 9	14	32	32.3	-90	42	45.3
13	San Cristóbal El Bajo	14	32	27.6	-90	42	49.3

Coordenadas de nacimientos visitados

ANEXO C

HOJA DE CÁLCULO HIDRÁULICO PARA DRENAJES SANITARIOS

Tramo	PV-001 a PV-002

Población futura		
Po =	19.04	habitantes
n =	30	años
r =	2.06%	%
Pf =	**35**	**habitantes**

Caudal de diseño		
Caudal domiciliar		
domicilios =	4.00	Domicilios
C =	250.00	L/hab/día
FR =	0.70	
Qdom=	**0.04**	**L/s**
Caudal comercial (restaurantes)		
No. Com =	1.00	Comercios
C =	2000.00	L/comercios/día
Qcom=	**0.02**	**L/s**
Caudal industrial (Hoteles)		
No. Hoteles	1.00	Hoteles
C=	4000.00	L/hotel/día
Qind=	**0.05**	**L/s**
Caudal de infiltración		
Qinf=	**0.0039**	**L/s**
Caudal conexiones ilícitas		
Qilicitas=	**0.0039**	**L/s**
Caudal medio		
Qmed=	**0.12**	**L/s**

Presente			Futuro		
Factor de caudal medio			*Factor de caudal medio*		
Qmed=	0.12	L/s	Qmed=	0.12	L/s
No. hab =	19.04		No. hab =	35.10	
F.Q.M=	**0.00500**		**F.Q.M=**	**0.00330**	
Presente			Futuro		
Factor de Harmond			*Factor de Harmond*		
No. hab. =	19.04		No. hab =	35	
F.H.=	**4.51**		**F.H=**	**4.51**	
Presente			Futuro		
Caudal de diseño			*Caudal de diseño*		
F.Q.M=	0.00500		F.Q.M=	0.00330	
F.H=	4.51		F.H=	4.51	
No. hab=	19.04		No. hab=	35.10	
Qd =	**0.43**	**L/seg**	**Qd =**	**0.52**	**L/seg**

Caudal acumulado					
Qd=	**0.35**	**L/seg**	**Qd=**	**0.78**	**L/seg**
Caudal de Diseño para el tramo					
Qd=	**0.78**	**L/seg**	**Qd=**	**1.30**	**L/seg**

Cálculo para cada tramo de tubería				
Concreto				
n=	0.015			
D=	18	in		
S=	0.58%	%		
A=	0.16	m^2		
V=	**1.20**	**m/s**		
Q=	**196.31**	**L/s**		
Relación de caudales				
Presente				
q/Q =	0.003971			
v/V=	0.2390			
d/D=	0.0450			
v=	**0.2858**	**m/s**	**NOT OK**	
d=	**0.0206**	**m**	**NOT OK**	
Relación de caudales				
Futuro				
q/Q =	0.006630			
v/V=	0.2810			
d/D=	0.0575			
v=	**0.3360**	**m/s**	**NOT OK**	
d=	**0.0263**	**m**	**NOT OK**	

Resumen	
Información del tramo	PV-011 a PV-002
Material	Concreto
Pendiente (S)	0.58%
Diámetro (in)	18.00
Velocidad presente (m/s)	
0.2858	NOT OK
Diámetro presente (m)	
0.0206	NOT OK
Velocidad futuro (m/s)	
0.3360	NOT OK
Diámetro futuro (m)	
0.0263	NOT OK
Conclusión	
NOT OK	

ANEXO D

TIPOS DE TUBERÍA DE CONCRETO EN MEGAPRODUCTOS GUATEMALA

Tuberia sin refuerzo de acero					Tuberia con refuerzo de acero						
					Alta resistencia clase I, ASTM C14	Standard	Alta resistencia clase II, ASTM C76		Alta resistencia clase III, ASTM C76		
DIÁMETRO INTERNOS (plg)	DIÁMETRO EXTERNO (plg)	ESPESOR PARED (plg)	LARGO (m)	TUBOS/ VIAJE	RESISTENCIA MÍNIMA (Kg/mL)	RESISTENCIA MÍNIMA (Kg/mL)	PRIMERA GRIETA (Kg/mL)	MAXIMA (Kg/mL)	PRIMERA GRIETA (Kg/mL)	MAXIMA (Kg/mL)
6	8	1	1	250	2232.2	1674				
8	101/4	8-Nov	1	180	2232.2	1674				
10	121/2	4-Nov	1	120	2381.1	1785				
12	151/2	13/4	1	70	2678.7	2009				
16	193/4	17/8	1	50	3076	2307				
18	22	2	1	46	3273.9	2455				
20	241/2	21/4	1	37	3472.3	2604				
24	291/2	23/4	1.2	20	3869.2	2902	2930	4460	4020	5950
30	27	31/2	1.2	10	4464	3348	3720	5580	5020	7440
36	44	4	1.2	8	4911	3683	4450	6700	6030	8930
42	51	41/2	1.2	7			5210	7810	7030	10420
48	58	5	1	6			5950	8930	8030	11900
60	70	5	1	5			7440	11160	11040	14880

Fuente: (Megaproductos, 2016)

ANEXO E

CÁLCULO DE LOS TRAMOS DE SISTEMA DE DRENAJES ASUMIENDO USO SANITARIO

TRAMO 1											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-001 a PV-004	Concreto	5.54%	10.00	0.4595	NOT OK	0.0076	NOT OK	0.5070	NOT OK	0.0089	NOT OK
PV-004 a PV-005	Concreto	5.54%	10.00	0.5744	NOT OK	0.0108	NOT OK	0.6194	OK	0.0121	NOT OK
PV-002 a PV-003	Concreto	5.54%	10.00	0.7992	OK	0.0178	NOT OK	0.8691	OK	0.0203	NOT OK
PV-003 a PV-005	Concreto	0.51%	16.00	0.4022	NOT OK	0.0386	NOT OK	0.4229	NOT OK	0.0417	OK
PV-005 a PV-006	Concreto	5.54%	16.00	0.9327	OK	0.0224	NOT OK	0.9874	OK	0.0244	NOT OK
PV-006 a PV-007	Concreto	0.51%	16.00	0.4291	NOT OK	0.0427	OK	0.4602	NOT OK	0.0478	OK
PV-007 a PV-008	Concreto	0.51%	16.00	0.4478	NOT OK	0.0457	OK	0.4851	NOT OK	0.0518	OK
PV-008 a PV-009	Concreto	0.51%	16.00	0.4478	NOT OK	0.0457	OK	0.4903	NOT OK	0.0528	OK
PV-009 a PV-010	Concreto	0.58%	10.00	0.5115	NOT OK	0.0533	OK	0.5592	NOT OK	0.0622	OK
PV-010 a PV-011A	Concreto	0.58%	18.00	0.4950	NOT OK	0.0480	OK	0.5381	NOT OK	0.0549	OK
PV-011A a PV-011B	Concreto	0.58%	18.00	0.5166	NOT OK	0.0514	OK	0.5536	NOT OK	0.0572	OK
PV-011B a PV-012A	Concreto	0.58%	21.00	0.5208	NOT OK	0.0520	NOT OK	0.5566	NOT OK	0.0573	OK
PV-012A a PV-013	Concreto	0.58%	24.00	0.5699	NOT OK	0.0472	NOT OK	0.6151	OK	0.0533	NOT OK
PV-013 a PV-014	Concreto	0.58%	30.00	0.5605	NOT OK	0.0457	NOT OK	0.6051	OK	0.0514	NOT OK
PV-014 a PV-015	Concreto	0.58%	30.00	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK	0.6051	OK	0.0514	NOT OK
PV-015 a PV-016	Concreto	0.58%	36.00	0.5607	NOT OK	0.0457	NOT OK	0.5979	NOT OK	0.0503	NOT OK
PV-018A a PV-019	Concreto	0.58%	10.00	0.2917	NOT OK	0.0216	NOT OK	0.3135	NOT OK	0.0241	NOT OK
PV-021A a PV-022	Concreto	0.58%	10.00	0.2917	NOT OK	0.0216	NOT OK	0.2917	NOT OK	0.0216	NOT OK
PV-023 a PV-022	Concreto	1.60%	8.00	0.4546	NOT OK	0.0198	NOT OK	0.5205	NOT OK	0.0244	OK
PV-022 a PV-019	Concreto	1.60%	15.00	0.5487	NOT OK	0.0257	NOT OK	0.5997	NOT OK	0.0295	NOT OK
PV-019 a PV-016	Concreto	1.60%	18.00	0.6355	OK	0.0320	NOT OK	0.6911	OK	0.0366	NOT OK
PV-016 a PV-017	Concreto	0.58%	36.00	0.6505	OK	0.0572	NOT OK	0.7008	OK	0.0640	NOT OK
PV-019 a PV-020	Concreto	0.58%	12.00	0.2017	NOT OK	0.0122	NOT OK	0.2263	NOT OK	0.0145	NOT OK
PV-020 a PV-017	Concreto	1.60%	15.00	0.4203	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.4362	NOT OK	0.0181	NOT OK
PV-017 a PV-024	Concreto	0.58%	42.00	0.6626	OK	0.0587	NOT OK	0.7015	OK	0.0640	NOT OK
PV-024 a PV-035	Concreto	0.58%	42.00	0.6820	OK	0.0613	NOT OK	0.7209	OK	0.0667	NOT OK
PV-025B a PV-026	Concreto	0.58%	8.00	0.2326	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.2611	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-026 a PV-028	Concreto	0.58%	10.00	0.2869	NOT OK	0.0210	NOT OK	0.3240	NOT OK	0.0254	OK
PV-029 a PV-028	Concreto	1.00%	8.00	0.3118	NOT OK	0.0157	NOT OK	0.3484	NOT OK	0.0188	NOT OK
PV-028 a PV-031	Concreto	0.58%	12.00	0.3541	NOT OK	0.0290	NOT OK	0.4006	NOT OK	0.0351	OK
PV-031 a PV-032	Concreto	1.60%	12.00	0.5577	NOT OK	0.0267	NOT OK	0.6275	OK	0.0320	OK
PV-032 a PV-033	Concreto	0.70%	18.00	0.4204	NOT OK	0.0320	NOT OK	0.4742	NOT OK	0.0389	NOT OK
PV-033 a PV-034A	Concreto	0.70%	18.00	0.4296	NOT OK	0.0331	NOT OK	0.4834	NOT OK	0.0400	NOT OK
PV-034A a PV-035	Concreto	0.58%	18.00	0.4077	NOT OK	0.0354	NOT OK	0.4556	NOT OK	0.0423	NOT OK
PV-035 a PV-036	Concreto	1.06%	42.00	0.8072	OK	0.0560	NOT OK	0.9483	OK	0.0640	NOT OK
PV-036 a PV-054	Concreto	1.06%	42.00	0.8958	OK	0.0587	NOT OK	0.9483	OK	0.0640	NOT OK

TRAMO 2											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-040 a PV-038B	Concreto	0.24%	12.00	0.1696	NOT OK	0.0183	NOT OK	0.1696	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-037 a PV-038B	Concreto	0.58%	12.00	0.2181	NOT OK	0.0137	NOT OK	0.2491	NOT OK	0.0168	NOT OK
PV-038B a PV-052	Concreto	0.24%	18.00	0.2515	NOT OK	0.0331	NOT OK	0.2623	NOT OK	0.0354	NOT OK
PV-053 a PV-052	Concreto	0.58%	10.00	0.3176	NOT OK	0.0248	NOT OK	0.3176	NOT OK	0.0248	NOT OK
PV-052 a PV-074	Concreto	0.24%	21.00	0.3197	NOT OK	0.0480	NOT OK	0.3248	NOT OK	0.0493	NOT OK
PV-073 a PV-074	Concreto	0.58%	12.00	0.2710	NOT OK	0.0191	NOT OK	0.2783	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-040 a PV-041	Concreto	0.58%	8.00	0.1727	NOT OK	0.0097	NOT OK	0.1957	NOT OK	0.0117	NOT OK
PV-041 a PV-042	Concreto	0.24%	12.00	0.2084	NOT OK	0.0251	NOT OK	0.2236	NOT OK	0.0282	NOT OK
PV-038A a PV-042	Concreto	0.58%	10.00	0.2917	NOT OK	0.0216	NOT OK	0.2917	NOT OK	0.0216	NOT OK
PV-042 a PV-043	Concreto	0.24%	18.00	0.2569	NOT OK	0.0343	NOT OK	0.2677	NOT OK	0.0366	NOT OK
PV-046 a PV-045	Concreto	0.70%	12.00	0.2897	NOT OK	0.0183	NOT OK	0.3058	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-045 a PV-044	Concreto	0.24%	15.00	0.2078	NOT OK	0.0248	NOT OK	0.2227	NOT OK	0.0276	NOT OK
PV-044 a PV-043	Concreto	0.70%	15.00	0.3176	NOT OK	0.0210	NOT OK	0.3455	NOT OK	0.0238	NOT OK
PV-043 a PV-051	Concreto	0.24%	21.00	0.2728	NOT OK	0.0373	NOT OK	0.2847	NOT OK	0.0400	NOT OK
PV-052 a PV-051	Concreto	0.58%	12.00	0.3112	NOT OK	0.0236	NOT OK	0.3294	NOT OK	0.0259	NOT OK
PV-047 a PV-048	Concreto	0.24%	10.00	0.2433	NOT OK	0.0324	OK	0.2433	NOT OK	0.0324	OK
PV-048 a PV-049	Concreto	0.70%	15.00	0.3804	NOT OK	0.0276	NOT OK	0.3885	NOT OK	0.0286	NOT OK
PV-047 a PV-046	Concreto	0.70%	10.00	0.2770	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.2841	NOT OK	0.0178	NOT OK
PV-046 a PV-049	Concreto	0.24%	15.00	0.2595	NOT OK	0.0352	NOT OK	0.2731	NOT OK	0.0381	OK
PV-049 a PV-050	Concreto	0.70%	21.00	0.4862	NOT OK	0.0400	NOT OK	0.4964	NOT OK	0.0413	NOT OK
PV-050 a PV-051	Concreto	0.70%	24.00	0.5453	NOT OK	0.0381	NOT OK	0.5600	NOT OK	0.0396	NOT OK
PV-051 a PV-075	Concreto	0.24%	30.00	0.4254	NOT OK	0.0591	NOT OK	0.4429	NOT OK	0.0629	NOT OK
PV-075 a PV-074	Concreto	0.70%	30.00	0.6328	OK	0.0476	NOT OK	0.6499	OK	0.0495	NOT OK
PV-074 a PV-076A	Concreto	0.24%	36.00	0.4804	NOT OK	0.0709	NOT OK	0.5001	NOT OK	0.0754	NOT OK
PV-077 a PV-076A	Concreto	0.58%	12.00	0.2491	NOT OK	0.0168	NOT OK	0.2984	NOT OK	0.0221	NOT OK
PV-076A a PV-096A	Concreto	0.24%	36.00	0.4903	NOT OK	0.0732	NOT OK	0.5086	NOT OK	0.0777	NOT OK
PV-096A a PV-095	Concreto	0.70%	42.00	0.6560	OK	0.0560	NOT OK	0.7280	OK	0.0587	NOT OK
PV-036 a PV-037	Concreto	0.58%	10.00	0.2812	NOT OK	0.0203	NOT OK	0.2869	NOT OK	0.0210	NOT OK
PV-037 a PV-053	Concreto	0.24%	12.00	0.2465	NOT OK	0.0328	OK	0.2465	NOT OK	0.0328	OK
PV-054 a PV-053	Concreto	0.58%	12.00	0.3112	NOT OK	0.0236	NOT OK	0.3112	NOT OK	0.0236	NOT OK
PV-053 a PV-073	Concreto	0.24%	15.00	0.3065	NOT OK	0.0457	OK	0.3154	NOT OK	0.0476	OK
PV-072A a PV-073	Concreto	0.58%	12.00	0.2278	NOT OK	0.0290	NOT OK	0.2278	NOT OK	0.0290	NOT OK
PV-073 a PV-077	Concreto	0.24%	18.00	0.3277	NOT OK	0.0503	OK	0.3377	NOT OK	0.0526	OK
PV-078 a PV-077	Concreto	0.58%	12.00	0.2920	NOT OK	0.0213	NOT OK	0.2920	NOT OK	0.0213	NOT OK
PV-077 a PV-095	Concreto	0.24%	21.00	0.3478	NOT OK	0.0547	OK	0.3580	NOT OK	0.0573	OK
PV-095 a PV-094B	Concreto	0.70%	42.00	0.7706	OK	0.0640	NOT OK	0.8133	OK	0.0693	NOT OK

TRAMO 3											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-012B a PV-060B	Concreto	1.60%	10.00	0.3771	NOT OK	0.0146	NOT OK	0.4295	NOT OK	0.0178	NOT OK
PV-060B a PV-060A	Concreto	1.60%	15.00	0.4502	NOT OK	0.0191	NOT OK	0.5223	NOT OK	0.0238	NOT OK
PV-060A a PV-059	Concreto	0.58%	18.00	0.3731	NOT OK	0.0309	NOT OK	0.4245	NOT OK	0.0377	NOT OK
PV-014 a PV-059	Concreto	1.60%	10.00	0.4765	NOT OK	0.0210	NOT OK	0.4939	NOT OK	0.0222	NOT OK
PV-059 a PV-058	Concreto	0.58%	21.00	0.4426	NOT OK	0.0400	NOT OK	0.4784	NOT OK	0.0453	NOT OK
PV-015 a PV-058	Concreto	1.60%	10.00	0.4188	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.4188	NOT OK	0.0171	NOT OK
PV-058 a PV-057	Concreto	0.58%	30.00	0.4810	NOT OK	0.0362	NOT OK	0.5295	NOT OK	0.0419	NOT OK
PV-016 a PV-057	Concreto	1.60%	10.00	0.4577	NOT OK	0.0197	NOT OK	0.4577	NOT OK	0.0197	NOT OK
PV-057 a PV-056	Concreto	0.58%	30.00	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK
PV-017a PV-056	Concreto	1.06%	12.00	0.3368	NOT OK	0.0168	NOT OK	0.3763	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-056 a PV-055	Concreto	0.58%	30.00	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK	0.6206	OK	0.0533	NOT OK
PV-024 a PV-055	Concreto	1.06%	12.00	0.2615	NOT OK	0.0114	NOT OK	0.2615	NOT OK	0.0114	NOT OK
PV-055 a PV-054	Concreto	0.58%	36.00	0.5388	NOT OK	0.0480	NOT OK	0.6154	OK	0.0526	NOT OK
PV-054 a PV-072B	Concreto	1.06%	54.00	0.9622	OK	0.0652	NOT OK	0.9544	OK	0.0720	NOT OK

TRAMO 4											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-010 a PV-061	Concreto	0.51%	12.00	0.3038	NOT OK	0.0251	NOT OK	0.3149	NOT OK	0.0267	NOT OK
PV-061 a PV-062	Concreto	0.51%	15.00	0.3654	NOT OK	0.0333	NOT OK	0.4051	NOT OK	0.0391	OK
PV-062 a PV-063	Concreto	0.58%	15.00	0.3897	NOT OK	0.0333	NOT OK	0.4320	NOT OK	0.0391	OK
PV-063 a PV-064	Concreto	0.58%	18.00	0.3910	NOT OK	0.0331	NOT OK	0.4317	NOT OK	0.0389	NOT OK
PV-064A a PV-065B	Concreto	0.58%	21.00	0.4042	NOT OK	0.0347	NOT OK	0.4333	NOT OK	0.0387	NOT OK
PV-065B a PV-065A	Concreto	0.58%	21.00	0.4042	NOT OK	0.0347	NOT OK	0.4426	NOT OK	0.0400	NOT OK
PV-060A a PV-065A	Concreto	1.60%	12.00	0.4259	NOT OK	0.0175	NOT OK	0.4259	NOT OK	0.0175	NOT OK
PV-065A a PV-066	Concreto	0.58%	24.00	0.4830	NOT OK	0.0366	NOT OK	0.5215	NOT OK	0.0411	NOT OK
PV-059 a PV-066	Concreto	1.60%	12.00	0.3213	NOT OK	0.0114	NOT OK	0.3728	NOT OK	0.0160	NOT OK
PV-066 a PV-067	Concreto	0.58%	30.00	0.4461	NOT OK	0.0324	NOT OK	0.4965	NOT OK	0.0381	NOT OK
PV-058 a PV-067	Concreto	1.60%	12.00	0.2738	NOT OK	0.0213	NOT OK	0.2738	NOT OK	0.0213	NOT OK
PV-067 a PV-068	Concreto	0.58%	30.00	0.4965	NOT OK	0.0381	NOT OK	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK
PV-057 a PV-068	Concreto	1.60%	10.00	0.2251	NOT OK	0.0159	NOT OK	0.2735	NOT OK	0.0216	NOT OK
PV-068 a PV-069	Concreto	0.58%	30.00	0.4771	NOT OK	0.0400	NOT OK	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK
PV-056 a PV-069	Concreto	1.06%	10.00	0.2478	NOT OK	0.0184	NOT OK	0.2978	NOT OK	0.0248	NOT OK
PV-069 a PV-070	Concreto	0.58%	30.00	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK	0.6051	OK	0.0514	NOT OK
PV-055 a PV-070	Concreto	1.06%	10.00	0.5426	NOT OK	0.0660	OK	0.5986	NOT OK	0.0787	OK
PV-070 a PV-071	Concreto	0.58%	30.00	0.5605	NOT OK	0.0457	NOT OK	0.6206	OK	0.0533	NOT OK
PV-071 a PV-072B	Concreto	0.58%	30.00	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK	0.6342	OK	0.0552	NOT OK
PV-072B a PV-078	Concreto	1.06%	60.00	1.0322	OK	0.0724	NOT OK	1.0239	OK	0.0800	NOT OK

TRAMO 5											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-087 a PV-086	Concreto	0.58%	8.00	0.2563	NOT OK	0.0178	NOT OK	0.2611	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-086 a PV-085	Concreto	0.58%	15.00	0.3611	NOT OK	0.0295	NOT OK	0.3685	NOT OK	0.0305	NOT OK
PV-085 a PV-084	Concreto	0.58%	15.00	0.3971	NOT OK	0.0343	NOT OK	0.4246	NOT OK	0.0381	OK
PV-065A a PV-084	Concreto	1.60%	12.00	0.3880	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.4259	NOT OK	0.0175	NOT OK
PV-084 a PV-083B	Concreto	0.58%	21.00	0.4241	NOT OK	0.0373	NOT OK	0.4426	NOT OK	0.0400	NOT OK
PV-066 a PV-083B	Concreto	1.60%	12.00	0.2940	NOT OK	0.0099	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0130	NOT OK
PV-083B a PV-082	Concreto	0.58%	24.00	0.4830	NOT OK	0.0366	NOT OK	0.5098	NOT OK	0.0396	NOT OK
PV-067 a PV-082	Concreto	1.60%	12.00	0.3622	NOT OK	0.0137	NOT OK	0.3728	NOT OK	0.0160	NOT OK
PV-082 a PV-081	Concreto	0.58%	24.00	0.5098	NOT OK	0.0396	NOT OK	0.5465	NOT OK	0.0442	NOT OK
PV-068 a PV-081	Concreto	1.60%	10.00	0.2335	NOT OK	0.0070	NOT OK	0.2845	NOT OK	0.0095	NOT OK
PV-081 a PV-080	Concreto	0.58%	24.00	0.5098	NOT OK	0.0396	NOT OK	0.5465	NOT OK	0.0442	NOT OK
PV-069 a PV-080	Concreto	1.06%	10.00	0.2119	NOT OK	0.0083	NOT OK	0.2513	NOT OK	0.0108	NOT OK
PV-080 a PV-079	Concreto	0.58%	30.00	0.4965	NOT OK	0.0381	NOT OK	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK
PV-070 a PV-079	Concreto	1.06%	10.00	0.3245	NOT OK	0.0159	NOT OK	0.3802	NOT OK	0.0203	NOT OK
PV-079 a PV-078	Concreto	0.58%	30.00	0.5295	NOT OK	0.0419	NOT OK	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK

TRAMO 6											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-084 a PV-088	Concreto	1.60%	12.00	0.3880	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.3880	NOT OK	0.0152	NOT OK
PV-088 a PV-089	Concreto	0.58%	18.00	0.2942	NOT OK	0.0240	NOT OK	0.3551	NOT OK	0.0286	NOT OK
PV-083A a PV-089	Concreto	1.60%	12.00	0.1679	NOT OK	0.0091	NOT OK	0.2017	NOT OK	0.0122	NOT OK
PV-089 a PV-090	Concreto	0.58%	21.00	0.3392	NOT OK	0.0267	NOT OK	0.3936	NOT OK	0.0333	NOT OK
PV-082 a PV-090	Concreto	1.60%	12.00	0.2306	NOT OK	0.0147	NOT OK	0.2809	NOT OK	0.0200	NOT OK
PV-090 a PV-091	Concreto	0.58%	24.00	0.4145	NOT OK	0.0290	NOT OK	0.5098	NOT OK	0.0396	NOT OK
PV-081 a PV-091	Concreto	1.60%	12.00	0.2940	NOT OK	0.0099	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0130	NOT OK
PV-091 a PV-092	Concreto	0.58%	24.00	0.4112	NOT OK	0.0320	NOT OK	0.5348	NOT OK	0.0427	NOT OK
PV-080 a PV-092	Concreto	1.06%	12.00	0.2011	NOT OK	0.0076	NOT OK	0.2270	NOT OK	0.0091	NOT OK
PV-092 a PV-093	Concreto	0.58%	30.00	0.4461	NOT OK	0.0324	NOT OK	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK
PV-079 a PV-093	Concreto	1.06%	12.00	0.2504	NOT OK	0.0107	NOT OK	0.3059	NOT OK	0.0145	NOT OK
PV-093 a PV-094B	Concreto	0.58%	30.00	0.4810	NOT OK	0.0362	NOT OK	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK
PV-094B a PV-098	Concreto	1.06%	66.00	1.2108	OK	0.0922	NOT OK	1.3172	OK	0.1048	NOT OK

TRAMO 7											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-107 a PV-106	Concreto	0.58%	18.00	0.2535	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.3061	NOT OK	0.0229	NOT OK
PV-106 a PV-105	Concreto	0.58%	21.00	0.3048	NOT OK	0.0227	NOT OK	0.3724	NOT OK	0.0307	NOT OK
PV-105 a PV-104	Concreto	0.58%	24.00	0.3694	NOT OK	0.0244	NOT OK	0.4112	NOT OK	0.0320	NOT OK
PV-088 a PV-104	Concreto	1.60%	12.00	0.3880	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.4623	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-104 a PV-103	Concreto	0.58%	30.00	0.4112	NOT OK	0.0286	NOT OK	0.4635	NOT OK	0.0343	NOT OK
PV-089 a PV-103	Concreto	1.60%	12.00	0.3622	NOT OK	0.0137	NOT OK	0.4380	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-103 a PV-102	Concreto	0.58%	30.00	0.4461	NOT OK	0.0324	NOT OK	0.4771	NOT OK	0.0400	NOT OK
PV-090 a PV-102	Concreto	1.60%	12.00	0.2940	NOT OK	0.0099	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0130	NOT OK
PV-102 a PV-101	Concreto	0.58%	30.00	0.4635	NOT OK	0.0343	NOT OK	0.5450	NOT OK	0.0438	NOT OK
PV-091 a PV-101	Concreto	1.60%	12.00	0.2940	NOT OK	0.0099	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0130	NOT OK
PV-101 a PV-100	Concreto	0.58%	30.00	0.4965	NOT OK	0.0381	NOT OK	0.5760	NOT OK	0.0476	NOT OK
PV-092 a PV-100	Concreto	1.06%	12.00	0.3059	NOT OK	0.0145	NOT OK	0.3763	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-100 a PV-099	Concreto	0.58%	30.00	0.5295	NOT OK	0.0419	NOT OK	0.6051	OK	0.0514	NOT OK
PV-093 a PV-099	Concreto	1.06%	12.00	0.3059	NOT OK	0.0145	NOT OK	0.3763	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-099 a PV-098	Concreto	0.58%	30.00	0.5295	NOT OK	0.0419	NOT OK	0.6206	OK	0.0533	NOT OK
PV-098 a PV-121	Concreto	1.06%	66.00	1.2463	OK	0.0964	NOT OK	1.3527	OK	0.1090	NOT OK

TRAMO 8											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-109 a PV-110	Concreto	0.58%	12.00	0.2984	NOT OK	0.0221	NOT OK	0.3048	NOT OK	0.0229	NOT OK
PV-110 a PV-111	Concreto	0.58%	15.00	0.3388	NOT OK	0.0267	NOT OK	0.3685	NOT OK	0.0305	NOT OK
PV-111 a PV-112	Concreto	0.58%	15.00	0.3537	NOT OK	0.0286	NOT OK	0.3823	NOT OK	0.0324	NOT OK
PV-107 a PV-112	Concreto	0.53%	12.00	0.2661	NOT OK	0.0198	NOT OK	0.2852	NOT OK	0.0221	NOT OK
PV-112 a PV-113	Concreto	0.58%	15.00	0.4649	NOT OK	0.0438	OK	0.4903	NOT OK	0.0476	OK
PV-106 a PV-113	Concreto	0.53%	12.00	0.2975	NOT OK	0.0236	NOT OK	0.3385	NOT OK	0.0290	NOT OK
PV-113 a PV-114	Concreto	0.58%	21.00	0.4877	NOT OK	0.0467	NOT OK	0.5314	NOT OK	0.0533	OK
PV-105 a PV-114	Concreto	0.53%	12.00	0.2852	NOT OK	0.0221	NOT OK	0.3210	NOT OK	0.0267	NOT OK
PV-114 a PV-115	Concreto	0.58%	24.00	0.5933	NOT OK	0.0503	NOT OK	0.6268	OK	0.0549	NOT OK
PV-104 a PV-115	Concreto	1.60%	12.00	0.2304	NOT OK	0.0069	NOT OK	0.2789	NOT OK	0.0091	NOT OK
PV-115 a PV-116	Concreto	0.58%	30.00	0.6051	OK	0.0514	NOT OK	0.6614	OK	0.0591	NOT OK
PV-103 a PV-116	Concreto	1.60%	12.00	0.4501	NOT OK	0.0191	NOT OK	0.5380	NOT OK	0.0251	NOT OK
PV-116 a PV-117	Concreto	0.58%	30.00	0.6342	OK	0.0552	NOT OK	0.7002	OK	0.0648	NOT OK
PV-102 a PV-117	Concreto	1.60%	12.00	0.3728	NOT OK	0.0160	NOT OK	0.4850	NOT OK	0.0213	NOT OK
PV-117 a PV-118	Concreto	0.58%	30.00	0.6478	OK	0.0572	NOT OK	0.7273	OK	0.0686	NOT OK
PV-101 a PV-118	Concreto	1.60%	12.00	0.2940	NOT OK	0.0099	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0130	NOT OK
PV-118 a PV-119	Concreto	0.58%	36.00	0.6505	OK	0.0572	NOT OK	0.7315	OK	0.0686	NOT OK
PV-100 a PV-119	Concreto	1.06%	12.00	0.2011	NOT OK	0.0076	NOT OK	0.2393	NOT OK	0.0099	NOT OK
PV-119 a PV-120A	Concreto	0.58%	36.00	0.6505	OK	0.0572	NOT OK	0.7315	OK	0.0686	NOT OK
PV-099 a PV-120A	Concreto	1.06%	12.00	0.3059	NOT OK	0.0145	NOT OK	0.3763	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-120A a PV-121	Concreto	0.58%	36.00	0.6680	OK	0.0594	NOT OK	0.7622	OK	0.0732	NOT OK
PV-121 a PV-147	Concreto	1.06%	66.00	1.3172	OK	0.1048	NOT OK	1.4503	OK	0.1215	NOT OK

TRAMO 9											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-139 a PV-138	Concreto	5.54%	8.00	0.7339	OK	0.0157	NOT OK	0.7640	OK	0.0168	NOT OK
PV-108 a PV-138	Concreto	0.53%	12.00	0.2591	NOT OK	0.0191	NOT OK	0.2591	NOT OK	0.0191	NOT OK
PV-138 a PV-165	Concreto	0.53%	18.00	0.3566	NOT OK	0.0309	NOT OK	0.3658	NOT OK	0.0320	NOT OK
PV-165 a PV-166	Concreto	0.53%	18.00	0.3658	NOT OK	0.0320	NOT OK	0.3738	NOT OK	0.0331	NOT OK
PV-166 a PV-167	Concreto	0.53%	18.00	0.3658	NOT OK	0.0320	NOT OK	0.3818	NOT OK	0.0343	NOT OK
PV-170 a PV-169	Concreto	2.78%	21.00	0.8617	OK	0.0333	NOT OK	0.9052	OK	0.0360	NOT OK
PV-169 a PV-168	Concreto	2.78%	24.00	0.9368	OK	0.0305	NOT OK	0.9990	OK	0.0335	NOT OK
PV-168 a PV-167	Concreto	2.78%	24.00	0.9002	OK	0.0320	NOT OK	1.0282	OK	0.0351	NOT OK
PV-171 a PV-172	Concreto	2.78%	30.00	0.9002	OK	0.0286	NOT OK	0.9384	OK	0.0305	NOT OK
PV-172 a PV-173	Concreto	2.78%	30.00	0.9384	OK	0.0305	NOT OK	0.9766	OK	0.0324	NOT OK
PV-173 a PV-174	Concreto	2.78%	30.00	0.9384	OK	0.0305	NOT OK	1.0148	OK	0.0343	NOT OK
PV-109 a PV-137	Concreto	0.53%	8.00	0.2363	NOT OK	0.0168	NOT OK	0.2363	NOT OK	0.0168	NOT OK
PV-137 a PV-164	Concreto	0.53%	10.00	0.2897	NOT OK	0.0229	NOT OK	0.2943	NOT OK	0.0235	NOT OK
PV-164 a PV-175	Concreto	0.53%	12.00	0.3149	NOT OK	0.0259	NOT OK	0.3210	NOT OK	0.0267	NOT OK
PV-175 a PV-176	Concreto	0.58%	30.00	0.7273	OK	0.0686	NOT OK	0.7777	OK	0.0762	OK
PV-176 a PV-135	Concreto	2.78%	36.00	1.2275	OK	0.0457	NOT OK	1.3474	OK	0.0526	NOT OK
PV-137 a PV-136	Concreto	0.58%	12.00	0.3112	NOT OK	0.0236	NOT OK	0.3239	NOT OK	0.0251	NOT OK
PV-110 a PV-136	Concreto	0.53%	10.00	0.2526	NOT OK	0.0184	NOT OK	0.2580	NOT OK	0.0191	NOT OK
PV-136 a PV-135	Concreto	0.58%	15.00	0.3685	NOT OK	0.0305	NOT OK	0.3823	NOT OK	0.0324	NOT OK
PV-112 a PV-135	Concreto	0.53%	12.00	0.2661	NOT OK	0.0198	NOT OK	0.3036	NOT OK	0.0244	NOT OK
PV-135 a PV-134	Concreto	0.58%	36.00	0.7622	OK	0.0732	NOT OK	0.8213	OK	0.0823	NOT OK
PV-113 a PV-134	Concreto	0.53%	12.00	0.2451	NOT OK	0.0175	NOT OK	0.2975	NOT OK	0.0236	NOT OK
PV-134 a PV-133	Concreto	0.58%	42.00	0.7573	OK	0.0720	NOT OK	0.8277	OK	0.0827	NOT OK
PV-114 a PV-133	Concreto	0.53%	12.00	0.3271	NOT OK	0.0274	NOT OK	0.3323	NOT OK	0.0282	NOT OK
PV-133 a PV-132	Concreto	0.58%	42.00	0.7767	OK	0.0747	NOT OK	0.8277	OK	0.0827	NOT OK
PV-132 a PV-131	Concreto	0.58%	42.00	0.7767	OK	0.0747	NOT OK	0.8447	OK	0.0853	NOT OK
PV-115 a PV-131	Concreto	1.60%	12.00	0.3622	NOT OK	0.0137	NOT OK	0.4380	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-131 a PV-163	Concreto	1.60%	42.00	1.1006	OK	0.0587	NOT OK	1.1973	OK	0.0667	NOT OK

TRAMO 10											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-178 a PV-180	Concreto	2.78%	18.00	0.6440	OK	0.0240	NOT OK	0.7566	OK	0.0274	NOT OK
PV-175 a PV-180	Concreto	0.53%	10.00	0.3098	NOT OK	0.0254	OK	0.3291	NOT OK	0.0279	OK
PV-180 a PV-181	Concreto	0.58%	24.00	0.4964	NOT OK	0.0381	NOT OK	0.5348	NOT OK	0.0427	NOT OK
PV-181 a PV-182	Concreto	0.58%	24.00	0.5348	NOT OK	0.0427	NOT OK	0.5699	NOT OK	0.0472	NOT OK
PV-206 a PV-182	Concreto	2.78%	12.00	0.5114	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.4915	NOT OK	0.0160	NOT OK
PV-176 a PV-182	Concreto	0.53%	12.00	0.3664	NOT OK	0.0328	OK	0.3664	NOT OK	0.0328	OK
PV-182 a PV-183	Concreto	0.58%	30.00	0.6206	OK	0.0533	NOT OK	0.6342	OK	0.0552	NOT OK
PV-206 a PV-207	Concreto	0.58%	10.00	0.2335	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.2699	NOT OK	0.0191	NOT OK
PV-207 a PV-208	Concreto	0.58%	15.00	0.3230	NOT OK	0.0248	NOT OK	0.3611	NOT OK	0.0295	NOT OK
PV-208 a PV-209	Concreto	2.78%	15.00	0.5749	NOT OK	0.0181	NOT OK	0.6514	OK	0.0219	NOT OK
PV-209 a PV-210	Concreto	2.78%	15.00	0.5935	NOT OK	0.0191	NOT OK	0.6885	OK	0.0238	NOT OK
PV-210 a PV-183	Concreto	2.78%	18.00	0.6702	OK	0.0229	NOT OK	0.7566	OK	0.0274	NOT OK
PV-134 a PV-140	Concreto	0.53%	15.00	0.3381	NOT OK	0.0286	NOT OK	0.3381	NOT OK	0.0286	NOT OK
PV-140 a PV-177	Concreto	0.53%	18.00	0.3395	NOT OK	0.0286	NOT OK	0.3486	NOT OK	0.0297	NOT OK
PV-176 a PV-177	Concreto	0.58%	21.00	0.2535	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.3061	NOT OK	0.0229	NOT OK
PV-177 a PV-183	Concreto	0.53%	24.00	0.3930	NOT OK	0.0320	NOT OK	0.4617	NOT OK	0.0366	NOT OK
PV-183 a PV-184	Concreto	0.58%	36.00	0.6833	OK	0.0617	NOT OK	0.7315	OK	0.0686	NOT OK
PV-184 a PV-185	Concreto	0.58%	36.00	0.6833	OK	0.0617	NOT OK	0.7315	OK	0.0686	NOT OK
PV-185 a PV-186	Concreto	1.78%	36.00	0.9439	OK	0.0480	NOT OK	1.0781	OK	0.0526	NOT OK
PV-186 a PV-187	Concreto	0.58%	36.00	0.6833	OK	0.0617	NOT OK	0.7315	OK	0.0686	NOT OK
PV-187 a PV-211	Concreto	1.78%	36.00	0.9439	OK	0.0480	NOT OK	1.0781	OK	0.0526	NOT OK
PV-211 a PV-212	Concreto	1.78%	36.00	0.9439	OK	0.0480	NOT OK	1.0781	OK	0.0526	NOT OK
PV-212 a PV-213	Concreto	1.78%	36.00	0.9439	OK	0.0480	NOT OK	1.1088	OK	0.0549	NOT OK
PV-213 a PV-163	Concreto	1.78%	36.00	0.9439	OK	0.0480	NOT OK	1.1088	OK	0.0549	NOT OK

TRAMO 11											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-141 a PV-142	Concreto	0.23%	10.00	0.2320	NOT OK	0.0311	OK	0.2789	NOT OK	0.0419	OK
PV-116 a PV-130	Concreto	1.60%	12.00	0.4380	NOT OK	0.0183	NOT OK	0.4380	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-130 a PV-142	Concreto	1.60%	18.00	0.5084	NOT OK	0.0229	NOT OK	0.5740	NOT OK	0.0274	NOT OK
PV-142 a PV-143	Concreto	0.23%	18.00	0.3072	NOT OK	0.0469	OK	0.3306	NOT OK	0.0526	OK
PV-117 a PV-128	Concreto	1.60%	8.00	0.4256	NOT OK	0.0178	NOT OK	0.4337	NOT OK	0.0183	NOT OK
PV-128 a PV-127	Concreto	1.60%	10.00	0.4577	NOT OK	0.0197	NOT OK	0.4671	NOT OK	0.0203	NOT OK
PV-127 a PV-126	Concreto	1.60%	15.00	0.4801	NOT OK	0.0210	NOT OK	0.4942	NOT OK	0.0219	NOT OK
PV-126 a PV-143	Concreto	1.60%	15.00	0.5364	NOT OK	0.0248	NOT OK	0.5628	NOT OK	0.0267	NOT OK
PV-143 a PV-144	Concreto	0.23%	24.00	0.3873	NOT OK	0.0533	NOT OK	0.4136	NOT OK	0.0594	NOT OK
PV-118 a PV-125	Concreto	1.60%	12.00	0.3622	NOT OK	0.0137	NOT OK	0.3728	NOT OK	0.0160	NOT OK
PV-125 a PV-144	Concreto	1.60%	18.00	0.4210	NOT OK	0.0171	NOT OK	0.4925	NOT OK	0.0217	NOT OK
PV-144 a PV-145	Concreto	0.23%	24.00	0.4010	NOT OK	0.0564	NOT OK	0.4484	NOT OK	0.0671	OK
PV-119 a PV-145	Concreto	1.06%	12.00	0.3565	NOT OK	0.0183	NOT OK	0.4293	NOT OK	0.0244	NOT OK
PV-145 a PV-146	Concreto	0.23%	30.00	0.4079	NOT OK	0.0572	NOT OK	0.4580	NOT OK	0.0686	NOT OK
PV-120B a PV-146	Concreto	1.06%	12.00	0.4120	NOT OK	0.0229	NOT OK	0.4947	NOT OK	0.0305	OK
PV-146 a PV-147	Concreto	0.23%	30.00	0.4336	NOT OK	0.0629	NOT OK	0.4898	NOT OK	0.0762	OK

TRAMO 12											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-163 a PV-162	Concreto	0.23%	48.00	0.6483	OK	0.1158	NOT OK	0.7017	OK	0.1311	OK
PV-162 a PV-161	Concreto	0.23%	54.00	0.6416	OK	0.1132	NOT OK	0.6886	OK	0.1269	NOT OK
PV-161 a PV-160	Concreto	0.23%	54.00	0.6416	OK	0.1132	NOT OK	0.6886	OK	0.1269	NOT OK
PV-160 a PV-193	Concreto	1.06%	54.00	1.0902	OK	0.0789	NOT OK	1.1833	OK	0.0892	NOT OK
PV-187 a PV-188	Concreto	0.58%	12.00	0.1588	NOT OK	0.0084	NOT OK	0.1852	NOT OK	0.0107	NOT OK
PV-188 a PV-189	Concreto	0.58%	15.00	0.1948	NOT OK	0.0114	NOT OK	0.2245	NOT OK	0.0143	NOT OK
PV-189 a PV-190	Concreto	0.58%	15.00	0.2435	NOT OK	0.0162	NOT OK	0.2605	NOT OK	0.0200	NOT OK
PV-190 a PV-191	Concreto	0.58%	21.00	0.2929	NOT OK	0.0213	NOT OK	0.3167	NOT OK	0.0240	NOT OK
PV-191 a PV-192	Concreto	0.58%	24.00	0.3393	NOT OK	0.0213	NOT OK	0.3543	NOT OK	0.0229	NOT OK
PV-192 a PV-193	Concreto	1.78%	24.00	0.5944	NOT OK	0.0213	NOT OK	0.6207	OK	0.0229	NOT OK
PV-193 a PV-197	Concreto	0.23%	60.00	0.6475	OK	0.1143	NOT OK	0.6999	OK	0.1295	NOT OK
PV-160 a PV-159	Concreto	0.23%	10.00	0.1216	NOT OK	0.0114	NOT OK	0.1471	NOT OK	0.0152	NOT OK
PV-159 a PV-158	Concreto	0.23%	12.00	0.1471	NOT OK	0.0152	NOT OK	0.1793	NOT OK	0.0206	NOT OK
PV-158 a PV-197	Concreto	1.06%	78.00	0.4363	NOT OK	0.0198	NOT OK	0.4363	NOT OK	0.0198	NOT OK
PV-197 a PV-196	Concreto	1.06%	84.00	1.0574	OK	0.0747	NOT OK	1.1042	OK	0.0800	NOT OK
PV-196 a PV-198	Concreto	0.23%	84.00	0.5969	NOT OK	0.1120	NOT OK	0.6818	OK	0.1227	NOT OK
PV-198 a PV-200	Concreto	1.29%	84.00	1.1147	OK	0.0693	NOT OK	1.2182	OK	0.0800	NOT OK
PV-199 a PV-200	Concreto	0.23%	16.00	0.1601	NOT OK	0.0173	NOT OK	0.1782	NOT OK	0.0203	NOT OK
PV-200 a PV-201	Concreto	1.29%	84.00	1.1147	OK	0.0693	NOT OK	1.2182	OK	0.0800	NOT OK
PV-201 a PV-202	Concreto	0.23%	84.00	0.5969	NOT OK	0.1120	NOT OK	0.6818	OK	0.1227	NOT OK
PV-202 a PV-203	Concreto	0.23%	84.00	0.5969	NOT OK	0.1120	NOT OK	0.6818	OK	0.1227	NOT OK
PV-203 a PV-204	Concreto	0.23%	84.00	0.5969	NOT OK	0.1120	NOT OK	0.6818	OK	0.1227	NOT OK
PV-204 a PV-205	Concreto	0.23%	84.00	0.5969	NOT OK	0.1120	NOT OK	0.6818	OK	0.1227	NOT OK

TRAMO 13											
Información del tramo	Material	Pendiente (S)	Diametro (in)	Velocidad presente (m/s)		Diametro presente (m)		Velocidad Futuro (m/s)		Diametro Futuro (m)	
PV-096B a PV-097	Concreto	0.24%	16.00	0.4039	NOT OK	0.0711	OK	0.4103	NOT OK	0.0732	OK
PV-097 a PV-122	Concreto	0.24%	16.00	0.4174	NOT OK	0.0752	OK	0.4302	NOT OK	0.0792	OK
PV-122 a PV-123	Concreto	0.24%	16.00	0.4302	NOT OK	0.0792	OK	0.4501	NOT OK	0.0853	OK
PV-123 a PV-144	Concreto	0.24%	16.00	0.4373	NOT OK	0.0813	OK	0.4579	NOT OK	0.0874	OK
PV-144 a PV-151	Concreto	0.24%	16.00	0.4373	NOT OK	0.0813	OK	0.4579	NOT OK	0.0874	OK
PV-151 a PV-153	Concreto	0.24%	16.00	0.4437	NOT OK	0.0833	OK	0.4629	NOT OK	0.0894	OK
PV-147 a PV-153	Concreto	0.23%	90.00	0.7926	OK	0.1543	NOT OK	0.8663	OK	0.1772	NOT OK
PV-153 a PV-205	Concreto	0.23%	105.00	0.7686	OK	0.1467	NOT OK	0.8587	OK	0.1734	NOT OK

ANEXO F

GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SANITARIOS

Guía de operación y mantenimiento de los sistemas de drenajes sanitarios en la ciudad de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

Elaborado para el departamento de aguas de la municipalidad de La Antigua Guatemala.

PRÓLOGO

Esta guía de operación y mantenimiento de los sistemas de drenajes sanitarios fue elaborado para el departamento de aguas de la municipalidad de Antigua Guatemala, ente regulador de la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario para la región de Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

Esta guía contiene una serie de pasos de cómo se realiza la operación y mantenimiento de los drenajes sanitarios, tanto preventivo como correctivos, a fin de conservar los drenajes municipales en óptimas condiciones de operación para evitar molestias a los turistas o residentes de esta área causados por malos olores, inundaciones y cualquier otro tipo de problema que se genere por la mala operación del alcantarillado.

El propósito de este documento es proporcionar al departamento de aguas una guía con la que ellos se puedan apoyar para realizar el mantenimiento de los drenajes y prevenir desastres mayores en la ciudad, al mismo tiempo que se ahorrarían costos de mantenimientos correctivos, proveer un mejor servicio municipal y no contaminar la ciudad por mala operación. Cualquier mantenimiento u operación se debe consultar con el ingeniero encargado del proyecto previamente a utilizar esta guía.

El ingeniero que redacta esta guía queda fuera de toda responsabilidad de como esta se utilice y los efectos que esta guía proporcione a La Antigua Guatemala.

CONTENIDO

I. Equipo y herramientas 4

1. Equipo personal: 4

2. Equipo de mantenimiento: 4

3. Señalizaciones: 6

II. Mantenimiento preventivo 6

1. Candelas domiciliar: 7

2. Tubería secundaria: 7

3. Pozo de visita: 8

4. Colector principal 9

III. Mantenimiento correctivo 9

1. Taponamiento de tuberías 9

2. Inundación en pozos de visita 10

3. Crecimiento de raíces 11

4. Reposición de tapadera 11

IV. Check list de mantenimineto preventivo 12

V. Bibliografía 16

I. Equipo y herramientas

Las personas que estén encargadas de realizar la operación y mantenimiento de los sistemas de drenajes deben tener, por lo menos, el equipo y herramientas descritas a continuación. Queda a discreción del operario utilizar otros equipos que no se encuentren listados a continuación, siempre y cuando la persona encargada del mantenimiento crea que el equipo y herramientas a utilizar son para mejorar el proceso y seguridad del personal.

1. *Equipo personal:*

- Guantes de hule
- Casco
- Botas de hule
- Capa contra lluvia
- Mascarilla
- Lentes

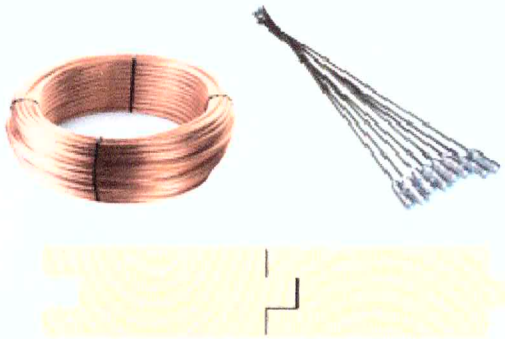
Figura 1. Equipo de seguridad personal.



2. *Equipo de mantenimiento:*

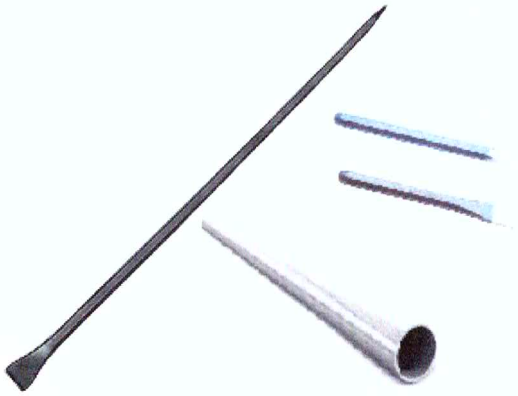
- Cable flexible de aleación de cobre de 12 mm de espesor y longitud variable.
- Varillas de acero de 12 mm de espesor, con uniones para formar varillas largas o varillas de madera de 18 mm de espesor con extremos de bronce hembra/macho.

Figura 2. Herramientas tipo varillas



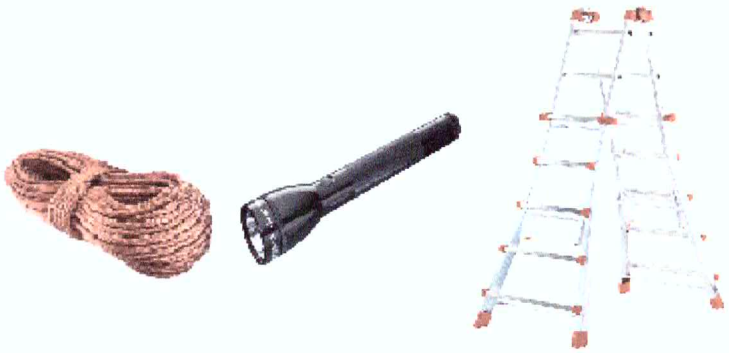
- Cincel, puntero, tubos, barreta para levantar las tapaderas de los pozos de visita.

Figura 3. Herramientas para levantar la tapadera de los pozos



- Cuerdas, linternas y escaleras para ingresar al pozo.

Figura 4. Herramientas para ingresar al pozo.



- Equipo para sacar agua de lugares inundados (Bombas sumergibles, cubetas, etc).

Figura 5. Herramientas para remover el agua estancada.



3. *Señalizaciones:*

- Conos
- Chalecos reflectados
- Letreros de Alto
- Letreros de obra en construcción

Figura 6. Señalización para realizar el mantenimiento



II. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza para evitar cualquier problema que se genera por descuido o ignorancia humana. Este mantenimiento no evita catástrofes por culpa de ambiente, mal diseño o condiciones que no se pueden controlar.

Para el mantenimiento de la red de drenajes sanitarios se debe empezar desde la fase domiciliar hasta el punto de descarga.

1. *Candelas domiciliar:*

Se debe de inspeccionar, como mínimo, 2 veces al año las candelas domiciliares de cada vivienda, una vez en época seca y una vez en época de lluvia.

Para realizar la inspección se debe de quitar la tapadera y observar que no exista ningún taponamiento por basura, plásticos, animales, etc. dentro de la candela domiciliar. Si se encuentra algún tipo de material, removerlo hasta dejar limpia la candela domiciliar.

Figura 7. Mantenimiento de la candela domiciliar

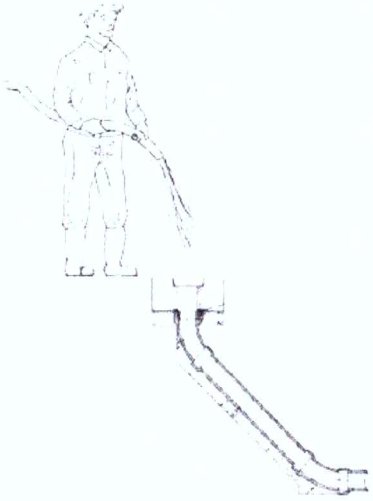


2. *Tubería secundaria:*

Se debe de realizar el mantenimiento de la tubería secundaria de hoteles y restaurantes 2 veces al año y de domicilios 1 vez al año. Este mantenimiento se hace de la mano con la inspección de las candelas domiciliares.

En este caso, al momento de abrir la candela y remover todo solido que obstruya el paso del agua, se realiza la limpieza aplicando chorro de agua a presión. Se debe aplicar el chorro de agua por lo menos 30 segundos en la tubería.

Figura 8. Mantenimiento de la tubería secundaria

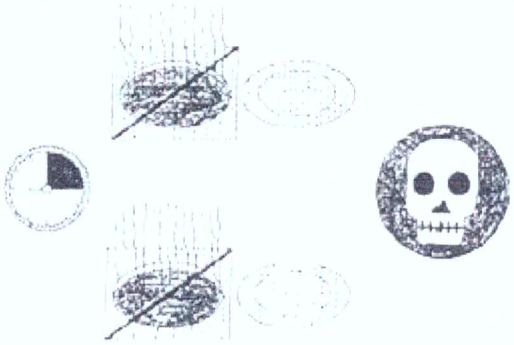


3. *Pozo de visita:*

El mantenimiento de los pozos se realiza 1 vez por año, este mantenimiento se hace de forma manual y lleva una serie de pasos.

Primero se debe de levantar la tapadera y esperar de 15 minutos para dejar ventilar los gases que se han acumulado dentro del pozo, para evitar problemas con el usuario que ingresara al pozo.

Figura 9. Esperar el tiempo indicado para hacer el mantenimiento



Segundo se debe colocar el equipo que se muestra en la **figura 4.** para ingresar de manera más fácil. Una vez dentro, la persona debe de extraer cualquier sólido como basura, plásticos, animales y luego limpiar con un chorro de agua a presión todas las paredes y suelo del pozo.

Figura 10. Mantenimiento del pozo de visita



4. *Colector principal*

Se realiza el mantenimiento preventivo 1 vez al año en cada tramo del colector principal. Para realizar el mantenimiento es verificar que no existan solidos atascados dentro de cada tramo. Se necesita ingresar una varilla al tramo y empujar hasta que este salga del otro lado, se necesita hacer el proceso hasta estar seguro que no hay ningún solido en el tramo de la tubería.

Figura 11. Mantenimiento de los tramos principales



III. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realiza una vez fallo o colapso el sistema de drenajes sanitarios. Este mantenimiento se realiza de manera inmediata, sin importar el día, fecha u hora que sea en el año. Si no sea realiza de manera inmediata, esto puede provocar otros fallos en el sistema de drenajes sanitarios.

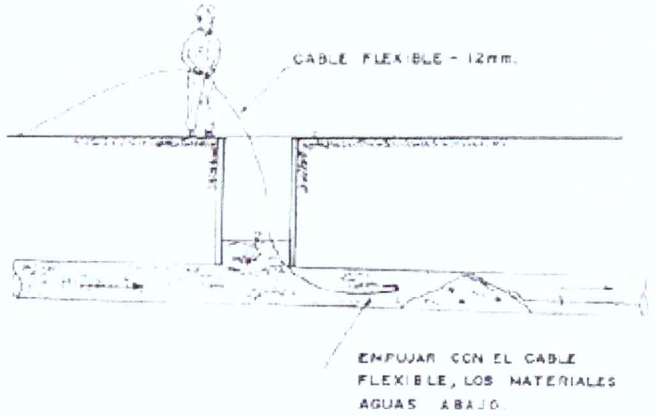
Lo primero que se debe hacer es identificar cual es el problema que esta ocasionando el fallo del sistema y actuar de la mejor manera posible para solucionar este problema.

1. *Taponamiento de tuberías*

El taponamiento es la razón principal de un accidente en tuberías. Se deben utilizar las varillas de acero, madera o aleaciones de cobre para tratar de destaponar la tubería. Se tiene que

empujar los material solidos agua abajo, para que el agua ayude a destapar la tubería. Además, se debe aplicar un chorro de agua a presión.

Figura 12. Mantenimiento correctivo taponamiento de tubería



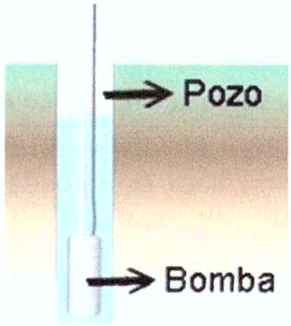
Si la tubería no se puede destapar de esta manera, se tiene que hablar con el ingeniero encargado del sistema de drenajes sanitarios para solucionar el problema de otra manera.

2. *Inundación en pozos de visita*

Las inundaciones en los pozos se dan gracias a un taponamiento en la tubería que hace que el agua no pueda fluir.

Primero se debe de bloquear el paso de agua del pozo anterior. Luego se debe ingresar la bomba sumergible o cubetas para sacar toda el agua del pozo. Se realiza nuevamente el proceso para destapar tuberías y así componer el pazo del agua en las tuberías.

Figura 13. Mantenimiento correctivo inundación pozos



Si el pozo no se des inunda de esta manera, se tiene que hablar con el ingeniero encargado del sistema de drenajes sanitarios para solucionar el problema de otra manera.

3. *Crecimiento de raíces*

Si las raíces de algún árbol empiezan a estorbar la tubería o estas mismas ya rompieron la tubería, se debe de retirar el árbol y cortar las raíces. Además se tiene que quitar todos los árboles que estén en el radio de 5 metros alrededor de la tubería.

Si la tubería fue afectada de tal manera que no puede continuar su trabajo de forma óptima se debe de cambiar la tubería.

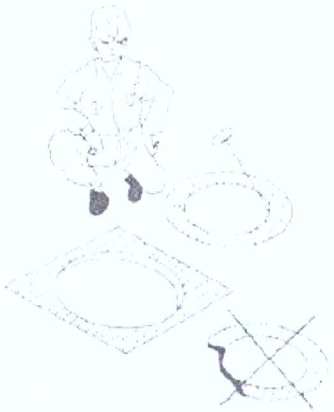
Si la tubería no se puede arreglar de esta manera o no se pueden retirar los arboles por normas de la municipalidad, se tiene que hablar con el ingeniero encargado del sistema de drenajes sanitarios para solucionar el problema de otra manera.

4. *Reposición de tapadera*

La reposición de tapadera se puede dar por desgaste, robos, peso que debe soportar o destrucción de la misma.

Una vez se identifica cuál de estas causas es, se debe de solicitar a la municipalidad la reposición inmediata de la tapadera y reponer cualquier daño que haya sufrido la calle que se encuentra cerca del pozo.

Figura 14. Mantenimiento correctivo reposición de tapadera



Si la tapadera no se puede arreglar de esta manera, se tiene que hablar con el ingeniero encargado del sistema de drenajes sanitarios para solucionar el problema de otra manera.

IV. Check list de mantenimineto preventivo

Check list de operación y mantenimineto de alcantarillado					
Candela domiciliar					
Empresa _____ Inspector _____ Hora _____ Fecha _____ Ubicación _____					
No.	Aspecto	Si	No	N/A	Observaciones
1	Se tiene todo el equipo de protección personal				
2	Se tiene barreta				
3	Se tiene cinceles				
4	Se tiene linterna				
5	Se tienen conos				
6	Se tienen chalecos				
7	Se levantó la tapadera de la candela domiciliar				
8	Existe basura dentro de la candela domiciliar				
9	Se removió la basura de la candela domciliar				
10	Se encontraron animales o insectos dentro de la candela domiciliar				
11	Se eliminaron o quitaron los animales e insectos de la candela domiciliar				
12	Se puso la tapadera de vuelta de manera correcta.				

Check list de operación y mantenimineto de alcantarillado

Tubería secundaria

Empresa _____ Inspector _____

Área _____ Fecha _____

Ubicación _____

No.	Aspecto	Si	No	N/A	Observaciones
1	Se tiene todo el equipo de protección personal				
2	Se tiene barreta				
3	Se tiene cinceles				
4	Se tiene linterna				
5	Se tienen conos				
6	Se tienen chalecos				
7	Se realizó previamente el mantenimineto de la candela domiciliar				
8	Se levantó la tapadera de la candela domiciliar				
9	Se aplicó un chorro de agua a presión por 30 segundos como minimo				
10	Se puso la tapadera de vuelta de manera correcta.				

Check list de operación y mantenimineto de alcantarillado

Pozo de visita

Empresa _____ Inspector _____

Área _____ Fecha _____

Ubicación _____

No.	Aspecto	Si	No	N/A	Observaciones
1	Se tiene todo el equipo de proteccion personal				
2	Se tiene barreta				
3	Se tiene cinceles				
4	Se tiene linterna				
5	Se tienen conos				
6	Se tienen chalecos				
7	Se tienen cuerdas o arnes para el usuario que ingresa al pozo				
8	Se levantó la tapadera del pozo de visita				
9	Se esperó 15 min para ingresar al pozo				
10	Se removió cualquier basura o animal que se encontro en el pozo				
11	Se limpio con un chorro de agua a presión paredes y suelo del pozo				
12	Se cerró de manera correcta el pozo de visita				

Check list de operación y mantenimineto de alcantarillado

Colector principal

Empresa _____ Inspector _____

Área _____ Fecha _____

Ubicación _____

No.	Aspecto	Si	No	N/A	Observaciones
1	Se tiene todo el equipo de proteccion personal				
2	Se tiene barreta				
3	Se tiene cinceles				
4	Se tiene linterna				
5	Se tienen conos				
6	Se tienen chalecos				
7	para el usuario que ingresa al pozo				
8	Se tiene varillas para empujar sólidos				
9	Se levantó la tapadera del pozo de visita				
10	Se espero 15 min para ingresar al pozo				
11	basura o animal que obstruya el paso en la				
12	Se limpio con un chorro de agua a presión				
13	Se cerró de manera correcta el pozo de visita				

V. Bibliografía

Espinosa, C. (2005). *Manual de mantenimineto de los sistemas de alcantarillado sanitario .* Nicaragua : INNA.

Ministerio del Agua . (2007). *Manual de operacion y mantenimineto de sistemas de alcantarillado sanitario en areas rurales.* La Paz: ABBASE LTDA.

Organización Panamericana de la Salud . (2005). *Operación y mantenimineto de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural .* Lima.

ANEXO G

ÍNDICE DE VARIABLES PARA LOS DISEÑOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

Variable	Parámetro
Q =	Caudal de diseño
D =	Dotación de agua potable
F_r =	Factor de retorno
P_{futura} =	Población futura
P_{actual} =	Población actual
TCP	Tasa de crecimiento poblacional
TR =	Tiempo de retención
V_{tg} =	Volumen de la trampa de grasa
H =	Altura del tanque
a =	Ancho del tanque
l =	Longitud del tanque
#tanques =	cantidad de tanques paralelos
$Q_{unitario}$ =	Caudal de cada tanque paralelo
TRH =	Tiempo de retención/residencia hidráulica
w =	Velocidad de sedimentación
C_s =	Carga superficial
Ve_h =	Velocidad horizontal

Variable	Parámetro
A_{mojada} =	Área mojada del desarenador
H_t =	Altura del tanque
A_s =	Área superficial del desarenador
$V_{efectivo}$ =	Volumen del tanque desarenador
S_o =	Demanda química de oxígeno
A =	Área del tanque
V =	Volumen del tanque
t =	Tiempo de residencia hidráulica en horas
S =	DBO del efluente
Rsp =	Remoción de DBO antes del filtro
Ssp =	DBO de salida del tratamiento primario
Se =	DBO del afluente
R =	Cantidad de recirculaciones de caudal
CO =	Carga orgánica
F =	Factor de recirculación
E =	Eficiencia del filtro percolador

ANEXO H

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN CRISTÓBAL EL ALTO

Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Cristóbal El Alto

1. Diseño de cribas o mallas

Verificación del diseño actual

1.- Separación de barras

$$Sb\ actual = \mathbf{2.5\ cm}$$

El valor de Sb debe estar entre 2.5 a 3.75 cm.

2.- Ángulo respecto a la horizontal

$$\theta\ \text{actual} = \mathbf{60°}$$

El ángulo respecto a la horizontal de la malla debe estar entre 30° a 60°.

3.- Área efectiva de la malla

$$A\ actual = \mathbf{0.5\ m^2}$$

El área mínima de la malla sería dos veces el área de la tubería. Siendo el diámetro de la tubería de 8 pulg, entonces el área de esta sería de 0.032 m^2, por lo que el área mínima sería el doble, 0.065 m^2.

Fuente: (Bendfeldt, 1998)

2. Diseño de la trampa de grasa

Diseño con el caudal actual.

1.- Caudal máximo horario

$$Q = \mathbf{0.48}\frac{\boldsymbol{lt}}{\boldsymbol{s}} \rightarrow 28.8\ \frac{lt}{min}$$

2.- Almacenamiento mínimo de grasa

$$A_{mg} = \frac{Q\ (lt/min)}{4} = \frac{28.8\ lt/min}{4} = 7.2\ kg$$

3.- Área del tanque mínimo

$$A_m = 0.25m^2 * Q\left(\frac{lt}{s}\right) = 0.25m^2 * 0.48\frac{lt}{s} = 0.12\ m^2$$

El tanque debe tener 0.25 m^2 de área por cada litro por segundo del caudal de entrada.

4.- Volumen de la trampa de grasa

$$V_{tg} = \frac{Q\left(\frac{lt}{min}\right) * TR(min)}{1000} = \frac{28.8\frac{lt}{min} * 30\ min}{1000} = 0.864\ m^3$$

$TR = \mathbf{30\ min}$

5.- Asumir altura del tanque

$H = \mathbf{0.6\ m}$

6.- Asumiendo ancho del tanque

$a = \mathbf{1\ m}$

7.- Longitud del tanque

$$l = \frac{V_{tg\,(}m^3)}{(H * a)(m^2)} = \frac{0.432m^3}{0.6m * 1m} = 1.44\ m$$

8.- Relación ancho / longitud

$$Ra/l = \frac{a}{l} = \frac{1m}{1.44m} = 0.69$$

La relación entre el ancho y largo del tanque debe ser mayor a ¼ y menor a 1.

9.- Comprobación del área

$$A = a * l = 1m * 1.44m = 1.44\ m^2$$

El área del tanque A es mayor que el área mínima requerida: $1.44\ m^2 > 0.12\ m^2$.

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) y (CEPIS & OPS, 2003)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar la trampa de grasa.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	1.24	m^3
Altura del tanque	0.7	m
Ancho del tanque	1.23	m
Longitud del tanque	1.44	m

2.- Área del tanque

$$A = a * l = 1.23m * 1.44m = 1.77\ m^2$$

3.- Relación ancho / longitud

$$Ra/l = \frac{a}{l} = \frac{1.23m}{1.44m} = 0.85$$

La relación entre el ancho y largo del tanque debe ser mayor a ¼ y menor a 1.

4.- Altura del tanque

$H = \mathbf{0.7\ m}$

5.- Caudal con relación al volumen

$$Q = \frac{V_{tq}\ (m^3) * 1000}{TR\ (min) * 60} = \frac{1.24 m^3 * 1000}{\mathbf{30 min} * 60} = 0.69 \frac{lt}{s} \rightarrow 41.33 \frac{lt}{min}$$

Asumiendo $TR = \mathbf{30\ min}$

6.- Almacenamiento mínimo de grasa

$$A_{mg} = \frac{Q\ (lt/min)}{4} = \frac{41.33\ lt/min}{4} = 10.33\ kg$$

7.- Comprobando el área

$$A_m = 0.25 m^2 * Q\left(\frac{lt}{s}\right) = 0.25 m^2 * 0.69 \frac{lt}{s} = 0.1722\ m^2$$

El tanque debe tener 0.25 m^2 de área por cada litro por segundo del caudal de entrada. Por lo que, el área debe ser mayor a la mínima: $1.77\ m^2 > 0.1722\ m^2$.

8.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf = 0.69\ lt/s$

$Qa = 0.48\ lt/s$

$D = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 0.69\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 552\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 0.48\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 384\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante de la trampa de grasa

$TCP = \mathbf{2.5}$ % (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual\ =\ 384\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{552}{384})}{Log\ (0.025 + 1)} = 15\ años$$

3. Diseño del desarenador

Diseño con el caudal actual.

1.- Caudal de diseño

$Q = \mathbf{0.48}\frac{\boldsymbol{lt}}{\boldsymbol{s}} \rightarrow 28.8\ \frac{lt}{min}$

2.- Caudal unitario y cantidad de tanques

$\#tanques = \mathbf{1}$

$$Q_{unitario} = \frac{Q}{\#tanques} = \frac{0.48\frac{lt}{s}}{1} = 0.48\frac{lt}{s}$$

3.- Asumiendo tiempo de retención hidráulico

$TRH\ =\ \mathbf{4\ min}$

4.- Determinando volumen efectivo del desarenador

$$V_{efectivo} = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{min}\right) * TRH\ (min)}{1000} = \frac{28.8\ \frac{lt}{min} * 4min}{1000} = 0.115\ m^3$$

5.- Velocidad y altura de sedimentación

$d\ =\ \mathbf{0.2\ mm}$

$w\ =\ \mathbf{2.16\ cm/s}$ (Anexo D)

$$V_s = \frac{w(\frac{cm}{s})}{100} = \frac{2.16\ \frac{cm}{s}}{100} = 0.0216\frac{m}{s}$$

$$H_s = \frac{V_s\left(\frac{m}{s}\right) * TRH(min)}{60} = \frac{0.0216\frac{m}{s} * 4min}{60} = 5.2\ m$$

6.- Área superficial del desarenador

Carga superficial = **20 m³ / m² / h**

$$A_s = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{s}\right) * 3600}{1000 * C_s} = \frac{0.48\frac{lt}{s} * 3600}{1000 * 20\frac{m^3}{m^2}/h} = 0.09\ m^2$$

7.- Asumiendo profundidad del tanque

$H_s = 0.5$ m

La altura del tanque tiene que ser menor que la altura de sedimentación. $0.5m < 5.2m$

8.- Velocidad horizontal

$Ve_h = 0.012$ m/s

9.- Largo y ancho del desarenador

$$A_{mojada} = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{s}\right)}{Ve_h * 1000} = \frac{0.48\frac{lt}{s}}{0.012\frac{m}{s} * 1000} = 0.04\ m^2$$

$$Ancho = \frac{A_{mojada}(m^2)}{H_t(m)} = \frac{0.04\ m^2}{0.5\ m} = 0.08m$$

$$Largo = \frac{Ancho\ (m)}{A_s\ (m^2)} = \frac{0.08\ m}{0.09\ m^2} = 1.08\ m$$

Constructivamente sería difícil realizar un desarenador de 8 cm, por lo que sería de **0.20 m**, y el largo quedaría de **1.00m**. La modificación afectaría a la carga superficial disminuyéndola.

10.- Relación largo / ancho

$$Rl/a = \frac{l}{a} = \frac{1.00m}{0.2m} = 5$$

La relación largo/ancho no debe ser menos a 3 y mayor a 8. $3 < 5 < 8$.

Fuente: (OPS & CEPIS, 2005)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar el desarenador.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	0.78	m^3
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.4	m
Longitud del tanque	3.9	m

2.- Área superficial del desarenador

$$A_s = a * l = 0.4m * 3.9m = 1.56\ m^2$$

3.- Asumiendo tiempo de retención hidráulica

TRH = **5 min**

4.- Velocidad y altura de sedimentación

d = 0.2 mm

w = **2.16 cm/s** (Anexo D)

$$V_s = \frac{w(\frac{cm}{s})}{100} = \frac{2.16\ \frac{cm}{s}}{100} = 0.0216\frac{m}{s}$$

$$H_s = \frac{V_s\left(\frac{m}{s}\right) * TRH(min)}{60} = \frac{0.0216\frac{m}{s} * 5min}{60} = 6.48\ m$$

La altura del tanque debe ser menor que la altura de sedimentación: $0.5m < 6.48m$

5.- Caudal del desarenador

$$Q = \frac{V_{efectivo}\ (m^3)}{TRH\ (min) * 60} = \frac{0.78\ m^3}{5\ min * 60} = 0.0026\frac{m}{s} \rightarrow 2.6\frac{lt}{s}$$

6.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf = 2.6\ lt/s$

$Qa = 0.48\ lt/s$

$D = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 2.6\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 2080\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 0.48\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 384\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante de la trampa de grasa

$TCP =$ **2.5** % (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual\ =\ 384\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{2080}{384})}{Log\ (0.025 + 1)} = 68\ años$$

4. Diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Diseño con el caudal actual.

1.- Datos de entrada

Parámetro	Valor	Dimensional	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s	41.47	m^3/d
DQO (So)	679	mg/lt	0.679	kg/ m^3
DBO (So)	424	mg/lt	0.424	kg/ m^3
Temperatura	21	°C		

2.- Carga de DQO en el afluente promedio

$$L_o = S_o\left(\frac{kg}{m^3}\right) * Q\ \left(\frac{m^3}{d}\right) = 0.679\ \frac{kg}{m^3} * 41.47\frac{m^3}{d} = 28.16\frac{kgDQO}{d}$$

3.- Adoptar el tiempo de residencia hidráulica

$TRH = \mathbf{12h} \rightarrow 0.5\ d$

4.- Determinar el volumen total del reactor

$$V = Q\left(\frac{m^3}{d}\right) * TRH(d) = 41.47\frac{m^3}{d} * 0.5\ d = 20.74\ m^3$$

5.- Asumir valor para la altura del rector

H = **5m**

6.- Determinar el área del reactor

$$A = \frac{V(\ m^3\ )}{H(m)} = \frac{20.74\ m^3}{5m} = 4.15\ \ m^2$$

7.- Asumiendo ancho del reactor

a = **2m**

8.- Determinando el largo del reactor

$$l = \frac{A(m^2)}{a(m)} = \frac{4.15\ m^2}{2\ m} = 2.07\ m$$

9.- Verificación de las velocidades de flujo ascendente

$$Ve = \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{A(m^2)} = \frac{41.47\frac{m^3}{d}}{4.15\ m^2} = 10\frac{m}{d} \rightarrow 0.417\frac{m}{h}$$

La velocidad de flujo ascendente debe ser mayor a 0.5 m/h y menor a 0.7 m/h: $0.5\frac{m}{h} < 0.417 m/h < 0.7 m/h.$

10.- Estimación de la eficiencia de la remoción del DQO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * t^{-0.35}) = 100 * (1 - 0.68 * 12h^{-0.35}) = 71.50\%$$

11.- Estimación de la eficiencia de la remoción del DBO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.07 * t^{-0.50}) = 100 * (1 - 0.07 * 12h^{-0.50}) = 97.98\%$$

Fuente: (CONAGUA, Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: reactores anaerobios de flujo ascendente, 2016)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar el reactor anaerobio de flujo ascendente.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	106	m^3
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	4	m
Longitud del tanque	5.3	m

2.- Determinar el área del reactor

$$A = a * l = 4m * 5.3m = 21.2\ m^2$$

3.- Asumir el tiempo de residencia hidráulico

$TRH = \mathbf{12h} \rightarrow 0.5\ d$

4.- Caudal del reactor

$$Q = \frac{V(m^3)}{TRH\ (d)} = \frac{106\ m^3}{0.5\ d} = 212\frac{m^3}{d} \rightarrow 2.45\frac{lt}{s}$$

5.- Verificación de las velocidades de flujo ascendente

$$Ve = \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{A(m^2)} = \frac{212\frac{m^3}{d}}{21.2\ m^2} = 10\frac{m}{d} \rightarrow 0.417\frac{m}{h}$$

La velocidad de flujo ascendente debe ser mayor a 0.5 m/h y menor a 0.7 m/h: $0.5\frac{m}{h} < 0.417 m/h < 0.7 m/h.$

7.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf = 2.45\ lt/s$

$Qa = 0.48\ lt/s$

$D = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 2.45\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 1960\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 0.48\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 384\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante de la trampa de grasa

$TCP = \mathbf{2.5}$ % (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual = 384\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{1960}{384})}{Log\ (0.025 + 1)} = 66\ años$$

5. Diseño del filtro percolador

1.- Datos de entrada

Parámetro	Valor	Dimensional	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	0.48	lt/s	41.47	m^3/d
DBO (S) efluente	424	mg/lt	0.424	kg/ m^3
DBO (Se) afluente	177	mg/lt	0.177	kg/ m^3
Altura del filtro	2	m		
R	0			

2.- Remoción del DBO antes del filtro

$Rsp = \mathbf{20}\%$

El valor es asumido, puede ser más remoción de DBO.

3.- Cálculo del DBO de salida del tratamiento primario

$$Ssp = S(\frac{kg}{m^3}) * (1 - Rsp) = 0.424\frac{kg}{m^3} * (1 - 0.2) = 0.339\ \frac{kg}{m^3}$$

4.- Cálculo de la eficiencia del filtro percolador

$$E = \frac{(Ssp - Se)}{Ssp} = \frac{(0.339\frac{kg}{m^3} - 0.177\frac{kg}{m^3})}{0.339\frac{kg}{m^3}} = 48\%$$

La eficiencia del filtro percolador puede ser mayor, los datos de salida del efluente pueden ser menores, el filtro no estaba en condiciones idóneas por lo que se asumirá una eficiencia mayor de **70%** de remoción del DBO.

5.- Cálculo del factor de recirculación

$$F = \frac{1 - R}{(1 + \frac{R}{10})^2} = \frac{1 - 0}{(1 + \frac{0}{10})^2} = 1$$

Debido a que no existe recirculación de caudal, el factor sería 1.

6.- Cálculo de la carga orgánica que ingresa al filtro

$$CO = Ssp\left(\frac{kg}{m^3}\right) * Q\left(\frac{m^3}{\mathrm{d}}\right) = 0.339\frac{kg}{m^3} * 41.47\frac{m^3}{\mathrm{d}} = 14.07\ \frac{kgDBO}{d}$$

7.- Cálculo del volumen del filtro percolador

$$V = \left(\frac{CO_1\ (\frac{kgDBO}{d})}{F}\right) * (\frac{0.4432 * E}{1 - E}) = \left(\frac{14.07\ \frac{kgDBO}{d}}{1}\right) * \left(\frac{0.4432 * 0.7}{1 - 0.7}\right) = 15\ m^3$$

8.- Cálculo del área del filtro percolador

$$A = \frac{V(\ m^3)}{H(m)} = \frac{15\ m^3}{2m} = 7.52\ m^2$$

9.- Asumiendo largo del filtro

$l = \mathbf{3.5}\boldsymbol{m}$

10.- Cálculo del ancho del filtro

$$a = \frac{A(m^2)}{l(m)} = \frac{7.52\ m^2}{2m} = 2.15\ m$$

11.- Cálculo de las cargas orgánicas, superficiales y volumétricas

$$COS = \frac{CO(\frac{kgDBO}{d})}{A(m^2)} = \frac{14.07\frac{kgDBO}{d}}{7.52\ m^2} = 1.87\frac{kgDBO}{d * m^2}$$

$$COV = \frac{CO(\frac{kgDBO}{d})}{V(m^3)} = \frac{14.07\frac{kgDBO}{d}}{15\ m^3} = 0.94\frac{kgDBO}{d * m^3}$$

12.- Cálculo de las cargas hidráulicas

$$CHS = \frac{Q\left(\frac{m^3}{\mathrm{d}}\right) * (1+R)}{A(m^2)} = \frac{41.47\frac{m^3}{\mathrm{d}} * (1+0)}{7.52\ m^2} = 5.51\ \frac{m^3}{\mathrm{d} * m^2}$$

$$CHV = \frac{Q\left(\frac{m^3}{\mathrm{d}}\right) * (1+R)}{V(m^3)} = \frac{41.47\frac{m^3}{\mathrm{d}} * (1+0)}{15\ m^3} = 2.76\ \frac{m^3}{\mathrm{d} * m^3}$$

Fuente: (Ministerio de Fomento Industria y Comercio, 2015) y (CONAGUA, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Fija, 2016).

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar el filtro percolador

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	36	m^3
Altura del tanque	2	m
Ancho del tanque	3	m
Longitud del tanque	6	m
DBO (S) efluente	424	mg/lt
Factor de recirculación	1	

2.- Remoción del DBO antes del filtro

$Rsp = \mathbf{20}\%$

El valor es asumido, puede ser más remoción del DBO.

3.- Cálculo del DBO de salida del tratamiento primario

$$Ssp = S(\frac{kg}{m^3}) * (1 - Rsp) = 0.424\frac{kg}{m^3} * (1 - 0.2) = 0.339\ \frac{kg}{m^3}$$

4.- Asumir eficiencia del filtro percolador

$E = 70\%$

Se asume una eficiencia del 70%, se desconoce cuál fue el criterio del diseñador.

5.- Cálculo del caudal con relación al volumen

$$Q = \frac{V(m^3) * (1-E)^2 * F}{Ssp(\frac{kg}{m^3}) * (0.4432 * E)^2} = \frac{36m^3 * (1-0.7)^2 * 1}{0.339\ \frac{kg}{m^3} * (0.4432 * 0.7)^2} = 99.24\frac{m^3}{d} \rightarrow 1.15\frac{lt}{s}$$

6.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf = 1.15\ lt/s$

$Qa = 0.48\ lt/s$

$D = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 1.15\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 920\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 0.48\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 384\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante del filtro percolador

$TCP = \mathbf{2.5}\ \%$ (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual = 384\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{920}{384})}{Log\ (0.025 + 1)} = 35\ años$$

ANEXO I

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN MATEO II

Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Mateo 2

1. Diseño de cribas o mallas

Verificación del diseño actual

1.- Separación de barras

$Sb\ actual = \mathbf{2.5\ cm}$

El valor de Sb debe estar entre 2.5 a 3.75 cm.

2.- Ángulo respecto a la horizontal

θ actual = $\mathbf{58°}$

El ángulo respecto a la horizontal de la malla debe estar entre 30° a 60°.

3.- Área efectiva de la malla

$A\ actual = \mathbf{0.5\ m^2}$

El área mínima de la malla sería dos veces el área de la tubería. Siendo el diámetro de la tubería de 8 pulg, entonces el área de esta sería de 0.032 m^2, por lo que el área mínima sería el doble, 0.065 m^2.

Fuente: (Bendfeldt, 1998)

2. Diseño de la trampa de grasa

Diseño con el caudal actual.

1.- Caudal máximo horario

$Q = \mathbf{1.54}\frac{\boldsymbol{lt}}{s} \rightarrow 92.4\ \frac{lt}{min}$

2.- Almacenamiento mínimo de grasa

$$A_{mg} = \frac{Q\ (lt/min)}{4} = \frac{92.4 lt/min}{4} = 23.1\ kg$$

3.- Área del tanque mínimo

$$A_m = 0.25 m^2 * Q\left(\frac{lt}{s}\right) = 0.25 m^2 * 1.54\frac{lt}{s} = 0.385\ m^2$$

El tanque debe tener 0.25 m^2 de área por cada litro por segundo del caudal de entrada.

4.- Volumen de la trampa de grasa

$$V_{tg} = \frac{Q\left(\frac{lt}{min}\right) * TR(min)}{1000} = \frac{92.4\frac{lt}{min} * 15\ min}{1000} = 1.39\ m^3$$

$TR = \mathbf{15\ min}$

5.- Asumir altura del tanque

$H = \mathbf{0.7\ m}$

6.- Asumiendo ancho del tanque

$a = \mathbf{1.2\ m}$

7.- Longitud del tanque

$$l = \frac{V_{tg\,(m^3)}}{(H * a)(m^2)} = \frac{1.39m^3}{0.7m * 1.2m} = 1.65\ m$$

8.- Relación ancho / longitud

$$Ra/l = \frac{a}{l} = \frac{1.2m}{1.65m} = 0.73$$

La relación entre el ancho y largo del tanque debe ser mayor a ¼ y menor a 1.

9.- Comprobación del área

$$A = a * l = 1.2m * 1.65m = 1.98\ m^2$$

El área del tanque A es mayor que el área mínima requerida: $1.98\ m^2 > 0.385\ m^2$.

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) y (CEPIS & OPS, 2003)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar la trampa de grasa.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	1.09	m^3
Altura del tanque	0.7	m
Ancho del tanque	1.2	m
Longitud del tanque	1.3	m

2.- Área del tanque

$$A = a * l = 1.2m * 1.3m = 1.56\ m^2$$

3.- Relación ancho / longitud

$$Ra/l = \frac{a}{l} = \frac{1.2m}{1.3m} = 0.92$$

La relación entre el ancho y largo del tanque debe ser mayor a ¼ y menor a 1.

4.- Altura del tanque

$$H = \mathbf{0.7\ m}$$

5.- Caudal con relación al volumen

$$Q = \frac{V_{tq}\ (m^3) * 1000}{TR\ (min) * 60} = \frac{1.09 m^3 * 1000}{\mathbf{15 min} * 60} = 1.21 \frac{lt}{s} \rightarrow 72.8 \frac{lt}{min}$$

Asumiendo $TR = \mathbf{15\ min}$

6.- Almacenamiento mínimo de grasa

$$A_{mg} = \frac{Q\ (lt/min)}{4} = \frac{72.8\ lt/min}{4} = 18.2\ kg$$

7.- Comprobando el área

$$A_m = 0.25 m^2 * Q\left(\frac{lt}{s}\right) = 0.25 m^2 * 1.21 \frac{lt}{s} = 0.30\ m^2$$

El tanque debe tener 0.25 m^2 de área por cada litro por segundo del caudal de entrada. Por lo que, el área debe ser mayor a la mínima: $1.56\ m^2 > 0.0.3\ m^2$.

8.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

El diseño de la trampa de grasa ya excedió su capacidad en un 27%; pero si se toma en cuenta que la segunda cámara todavía genera funcionamiento de remoción de grasa y aceite, le agregaría un volumen de 0.67 m^3 por lo que, ya no estaría excedido y todavía le faltaría un 22% para excederlo.

3. Diseño del desarenador

Diseño con el caudal actual.

1.- Caudal de diseño

$$Q = \mathbf{1.54} \frac{\boldsymbol{lt}}{\boldsymbol{s}} \rightarrow 92.4\ \frac{lt}{min}$$

2.- Caudal unitario y cantidad de tanques

$$\#tanques = \mathbf{1}$$

$$Q_{unitario} = \frac{Q}{\#tanques} = \frac{1.54 \frac{lt}{s}}{1} = 1.54\ \frac{lt}{s}$$

3.- Asumiendo tiempo de retención hidráulico

$TRH = \mathbf{4\ min}$

4.- Determinando volumen efectivo del desarenador

$$V_{efectivo} = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{min}\right) * TRH\ (min)}{1000} = \frac{92.4\ \frac{lt}{min} * 4min}{1000} = 0.37m^3$$

5.- Velocidad y altura de sedimentación

$d = \mathbf{0.2\ mm}$

$w = \mathbf{2.16\ cm/s}$ (Anexo D)

$$V_s = \frac{w(\frac{cm}{s})}{100} = \frac{2.16\ \frac{cm}{s}}{100} = 0.0216\frac{m}{s}$$

$$H_s = \frac{V_s\left(\frac{m}{s}\right) * TRH(min)}{60} = \frac{0.0216\frac{m}{s} * 4min}{60} = 5.2\ m$$

6.- Área superficial del desarenador

Carga superficial = **20 m^3 / m^2 / h**

$$A_s = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{s}\right) * 3600}{1000 * C_s} = \frac{1.54\frac{lt}{s} * 3600}{1000 * 20\frac{m^3}{m^2}/h} = 0.28\ m^2$$

7.- Asumiendo profundidad del tanque

H_s = 0.5 m

La altura del tanque tiene que ser menor que la altura de sedimentación. $0.5m < 5.2m$

8.- Velocidad horizontal

Ve_h = 0.012 m/s

9.- Largo y ancho del desarenador

$$A_{mojada} = \frac{Q_{unitario}\left(\frac{lt}{s}\right)}{Ve_h * 1000} = \frac{1.54\frac{lt}{s}}{0.012\frac{m}{s} * 1000} = 0.13\ m^2$$

$$Ancho = \frac{A_{mojada}(m^2)}{H_t(m)} = \frac{0.13\ m^2}{0.5\ m} = 0.26m$$

$$Largo = \frac{Ancho\ (m)}{A_s\ (m^2)} = \frac{0.08\ m}{0.09\ m^2} = 1.08\ m$$

Constructivamente sería difícil realizar un desarenador de 8 cm, por lo que sería de **0.30 m**, y el largo quedaría de **1.00m**. La modificación afectaría a la carga superficial disminuyéndola.

10.- Relación largo/ancho

$$Rl/a = \frac{l}{a} = \frac{1.00m}{0.3} = 3.3$$

La relación largo/ancho no debe ser menos a 3 y mayor a 8. $3 < 3.3 < 8$.

Fuente: (OPS & CEPIS, 2005)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar el desarenador.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	0.76	m^3
Altura del tanque	0.5	m
Ancho del tanque	0.4	m
Longitud del tanque	3.8	m

2.- Área superficial del desarenador

$$A_s = a * l = 0.4m * 3.8m = 1.52\ m^2$$

3.- Asumiendo tiempo de retención hidráulica

TRH = **5 min**

4.- Velocidad y altura de sedimentación

d = 0.2 mm

w = **2.16 cm/s** (Anexo D)

$$V_s = \frac{w(\frac{cm}{s})}{100} = \frac{2.16\ \frac{cm}{s}}{100} = 0.0216\frac{m}{s}$$

$$H_s = \frac{V_s\left(\frac{m}{s}\right) * TRH(min)}{60} = \frac{0.0216\frac{m}{s} * 5min}{60} = 6.48\ m$$

La altura del tanque debe ser menor que la altura de sedimentación: $0.5m < 6.48m$

5.- Caudal del desarenador

$$Q = \frac{V_{efectivo}\ (m^3)}{TRH\ (min) * 60} = \frac{0.76\ m^3}{5\ min * 60} = 0.002026\frac{m}{s} \rightarrow 2.53\frac{lt}{s}$$

6.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf = 2.53\ lt/s$

$Qa = 1.54\ lt/s$

$D = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 2.53\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 2027\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 1.54\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 1232\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante de la trampa de grasa

$TCP = \mathbf{2.5}\ \%$ (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual = 1248\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{2027}{1232})}{Log\ (0.025 + 1)} = 20\ años$$

4. Diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Diseño con el caudal actual.

1.- Datos de entrada

Parámetro	Valor	Dimensional	Valor	Dimensional
Caudal de diseño	1.54	lt/s	133.06	m^3/d
DQO (So)	918	mg/lt	0.918	kg/ m^3
DBO (So)	574	mg/lt	0.574	kg/ m^3
Temperatura	19	°C		

2.- Carga de DQO en el afluente promedio

$$L_o = S_o\left(\frac{kg}{m^3}\right) * Q\ \left(\frac{m^3}{d}\right) = 0.918\ \frac{kg}{m^3} * 133.06\frac{m^3}{d} = 122.15\frac{kgDQO}{d}$$

3.- Adoptar el tiempo de residencia hidráulica

$TRH = \mathbf{12h} \rightarrow 0.5\ d$

4.- Determinar el volumen total del reactor

$$V = Q\left(\frac{m^3}{d}\right) * TRH(d) = 133.06\frac{m^3}{d} * 0.5\ d = 66.53\ m^3$$

5.- Asumir valor para la altura del rector

H = **5m**

6.- Determinar el área del reactor

$$A = \frac{V(\ m^3\ )}{H(m)} = \frac{66.53\ m^3}{5m} = 13.31\ \ m^2$$

7.- Asumiendo ancho del reactor

a = 3.5m

8.- Determinando el largo del reactor

$$l = \frac{A(\ m^2\ )}{a(m)} = \frac{13.31\ \ m^2}{3.5\ m} = \ 3.80m$$

9.- Verificación de las velocidades de flujo ascendente

$$Ve = \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{A(\ m^2\ )} = \frac{133.06\frac{m^3}{d}}{13.31\ \ m^2} = 10\frac{m}{d} \rightarrow 0.417\frac{m}{h}$$

La velocidad de flujo ascendente debe ser mayor a 0.5 m/h y menor a 0.7 m/h: $0.5\frac{m}{h} < 0.417m/h < 0.7m/h.$

10.- Estimación de la eficiencia de la remoción del DQO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * t^{-0.35}) = 100 * (1 - 0.68 * 12h^{-0.35}) = 71.50\%$$

11.- Estimación de la eficiencia de la remoción del DBO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.07 * t^{-0.50}) = 100 * (1 - 0.07 * 12h^{-0.50}) = 97.98\%$$

Fuente: (CONAGUA, Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: reactores anaerobios de flujo ascendente, 2016)

Diseño inverso, para determinar que caudal puede soportar el reactor anaerobio de flujo ascendente.

1.- Resumen de los parámetros actuales

Parámetro	Valor	Dimensional
Volumen del tanque	90	m^3
Altura del tanque	5	m
Ancho del tanque	4	m
Longitud del tanque	4.5	m

2.- Determinar el área del reactor

$$A = a * l = 4m * 4.5m = 18\ m^2$$

3.- Asumir el tiempo de residencia hidráulico

$TRH = \mathbf{12h} \rightarrow 0.5\ d$

4.- Caudal del reactor

$$Q = \frac{V(m^3)}{TRH\ (d)} = \frac{90\ m^3}{0.5\ d} = 180\frac{m^3}{d} \rightarrow 2.08\frac{lt}{s}$$

5.- Verificación de las velocidades de flujo ascendente

$$Ve = \frac{Q\left(\frac{m^3}{d}\right)}{A(\ m^2\ )} = \frac{212\frac{m^3}{d}}{21.2\ m^2} = 10\frac{m}{d} \rightarrow 0.417\frac{m}{h}$$

La velocidad de flujo ascendente debe ser mayor a 0.5 m/h y menor a 0.7 m/h: $0.5\frac{m}{h} < 0.417m/h < 0.7m/h.$

6.- Determinación de la vida útil del diseño respecto al año 2017

$Qf\ = 2.08\ lt/s$

$Qa\ = 1.54\ lt/s$

$D\ = 120\ lt/hab/día$ (obtenida del INFOM)

$F_r = 0.9$

1. Determinación de la población futura

$$P_{futura} = \frac{86400 * Qf(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 2.08\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 1667\ hab$$

2. Determinación de la población actual

$$P_{actual} = \frac{86400 * Qa(lt/s)}{D\ (lt/hab/día)\ * f_r} = \frac{86400 * 1.54\ lt/s}{120\ lt/hab/día\ * 0.9} = 1232\ hab$$

3. Determinación de la vida útil restante de la trampa de grasa

$TCP\ =\ \mathbf{2.5}\ \%$ (tasa promedio de Guatemala obtenida del INE)

$P\ actual\ =\ 1232\ habitantes$

$$Años = \frac{Log\ (\frac{P_{futura}}{P_{actual}})}{Log\ (TCP + 1)} = \frac{Log\ (\frac{1664}{1232})}{Log\ (0.025 + 1)} = 12\ años$$

ANEXO J

TABLA DE ARKHANGELSKI

Tabla de Arkhangelski

Tabla de Arkhangelski

d (mm)	w (cm/s)
0.05	0.18
0.1	0.69
0.15	1.56
0.2	2.16
0.25	2.7
0.3	3.24
0.35	3.78
0.4	4.32
0.45	4.86
0.5	5.4
0.55	5.94
0.6	6.48
0.7	7.32
0.8	8.07
1	9.44
2	15.29
3	19.25
5	24.9

ANEXO K

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PTAR SAN CRISTÓBAL EL ALTO

Informe de resultados de análisis de la PTAR San Cristóbal El Alto

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente:	Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable:	Ing. Julio Martínez
Dirección:	4a. calle y 4a. avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Municipalidad de La Antigua Guatemala	Horario de Descarga:	24.00
		Muestra simple o compuesta:	Compuesta
Referencia cliente:	PTAR San Cristóbal El Alto, entrada	Responsable del muestreo:	LUIS MARTÍNEZ
		Temperatura de almacenaje:	5 °C
Fecha de monitoreo:	27 y 28 de junio de 2017	Recipiente utilizado:	Plástico, vidrio y bolsa estéril
Hora de monitoreo:	08:00 a 08:00	Método de muestreo:	PRO19-MUE
Tipo de muestra:	Agua residual ordinaria	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	17-2308-1	Ubicación:	N 14°32'18.12"
Lote:	17-2308		O 90°43'11.69"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio:	28 de junio de 2017
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio:	12:30
Fecha de informe:	13 de julio de 2017

Análisis	Dimensional[1]	Límite de Detección	Resultados
Caudal Promedio	L/s	---	0.089
Carga de DBO	Kg/día	---	3.3
Color	u Pt-Co	1	517
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O_2	10	424
Demanda Química de Oxígeno[2]	mg/L - O_2	10	679
Relación DQO/DBO	---	---	1.6
Fósforo Total	mg/L - P	0.060	9.40
Grasas y Aceites	mg/L	5	18
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.50	41.20
pH (in-situ)	---	0.01	7.02
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	1.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	10	148
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	0.1	21.0
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	24,000,000

(1) L/s = Litros por segundo; Kg/día = Kilogramos por día; mg/L = ppm, u Pt-Co = Unidades platino cobalto, NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

(2) El análisis de DQO (Método: Coguanor NGO 29 014 h8) es acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

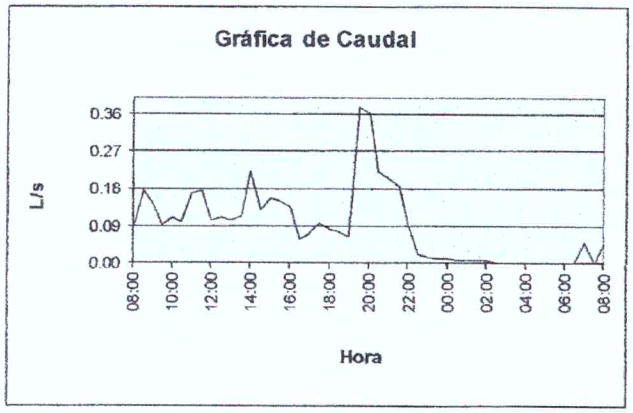
MONITOREO DE CAUDAL Y TEMPERATURA

Datos del Cliente

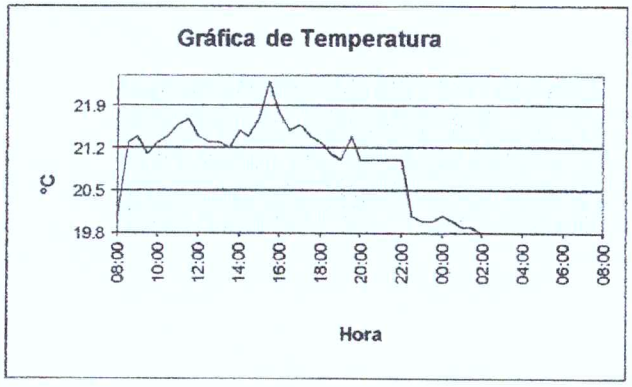
Cliente:	Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable:	Ing. Julio Martínez
Dirección:	4a. calle y 4a. avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Municipalidad de La Antigua Guatemala	Monitoreo desde:	27 de junio de 2017 (08:00)
		Monitoreo hasta:	28 de junio de 2017 (08:00)
Referencia cliente:	PTAR San Cristóbal El Alto, entrada	Responsable del muestreo:	LUIS MARTÍNEZ
Lote:	17-2308		



	L/s
Promedio	0.089
Máximo	0.38
Mínimo	0.00



	°C
Promedio	21.0
Máximo	22.3
Mínimo	19.8

Medición de caudal manual volumétrica, utilizando un recipiente de 4.1 L. Mediciones de tiempo a intervalos de 30 min, de acuerdo al procedimiento de medición de caudal PRO25-MUE. Medición de temperatura utilizando un termómetro digital Marca: Hanna, Modelo: HI9801-1. Mediciones de temperatura a intervalos de 30 min, de acuerdo al instructivo de medición . de pH y temperatura INS03-MUE. No se reportó agua en el siguiente horario: 02:30 a 06:30 y 07:30.

CUADRO COMPARATIVO INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS
ACUERDO GUBERNATIVO 138-2017

Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable: Ing. Julio Martínez
Dirección: 4a. calle y 4a. avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de La Antigua Guatemala
Fecha de monitoreo: 27 y 28 de junio de 2017
Muestra simple o compuesta: Compuesta
Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
Código de muestra: 17-2308-2

		Referencia:	Artículo 24 bis: Límites Máximos Permisibles de Descargas a Cuerpos Receptores Para Aguas Residuales Municipales.			
Análisis	**Dimensional[1]**	**PTAR San Cristóbal El Alto, salida**	**2 de Mayo de dos mil diecinueve**	**2 de Mayo de dos mil veintitres**	**2 de Mayo de dos mil veintisiete**	**2 de Mayo de dos mil treinta y uno**
Color	u Pt-Co	321	1,000	750	500	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O_2	177	250	100	100	100
Fósforo Total	mg/L - P	5.00	40	20	10	10
Grasas y Aceites	mg/L	7	50	10	10	10
Materia Flotante	---	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	24.20	150	70	20	20
pH (in-situ)	---	7.22	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Sólidos Suspendidos	mg/L	44	275	200	100	100
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	20	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7
Coliformes fecales	NMP/100ml	13,000,000	$< 1X10^7$	$< 1X10^4$	$< 1X10^4$	$< 1X10^4$
Arsénico	mg/L - As	< 0.0015	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	mg/L - Cd	< 0.0095	0.1	0.1	0.1	0.1
Cobre	mg/L - Cu	< 0.040	3.0	3.0	3.0	3.0
Cromo (VI)	mg/L - Cr	< 0.05	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	mg/L - Hg	< 0.0012	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	mg/L - Ni	< 0.250	2	2	2	2
Plomo	mg/L - Pb	< 0.070	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	mg/L - Zn	0.382	10.0	10.0	10.0	10.0

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto, *NMP/100 mL = número mas probable por 100 mililitros.

Azul: Se cumple con el valor establecido para dicho parámetro en la correspondiente etapa de cumplimiento.

Rojo: No se cumple.

ANEXO L

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PTAR SAN MATEO II

Informe de resultados de análisis de la PTAR San Mateo 2

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable: Ing. Julio Martínez
Dirección: 4ta calle y 4ta avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Municipalidad de La Antigua Guatemala	Horario de Descarga:	24.00
		Muestra simple o compuesta:	Compuesta
Referencia cliente:	PTAR San Mateo Milpas Altas, entrada	Responsable del muestreo:	LUIS MARTÍNEZ
		Temperatura de almacenaje:	5 °C
Fecha de monitoreo:	27 y 28 de junio de 2017	Recipiente utilizado:	Plástico, vidrio y bolsa estéril
Hora de monitoreo:	10:10 a 10:10	Método de muestreo:	PRO19-MUE
Tipo de muestra:	Agua residual ordinaria	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	17-2309-1	Ubicación:	N 14°34'53.55"
Lote:	17-2309		O 90°41'53.44"

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 28 de junio de 2017
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
Fecha de informe: 14 de julio de 2017

Análisis	Dimensional[1]	Límite de Detección	Resultados
Caudal Promedio	L/s	---	0.66
Carga de DBO	Kg/día	---	32.9
Color	u Pt-Co	1	741
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O_2	10	574
Demanda Química de Oxígeno[2]	mg/L - O_2	10	918
Relación DQO/DBO	---	---	1.6
Fósforo Total	mg/L - P	0.060	10.20
Grasas y Aceites	mg/L	5	77
Materia Flotante	---	Presente/Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	0.50	39.10
pH (in-situ)	---	0.01	6.70
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1	3.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	10	208
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	0.1	19.7
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	5,400,000

(1) L/s = Litros por segundo; Kg/día = kilogramos por día; mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.
(2) El análisis de DQO (Método: Coguanor NGO 29 014 h8) es acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 segun OGA-LE-051-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

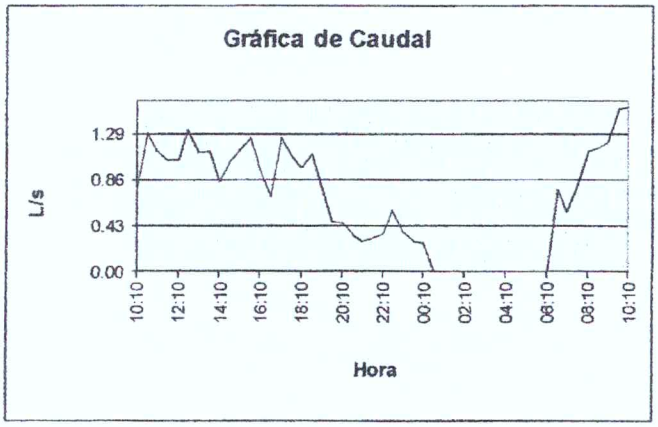
MONITOREO DE CAUDAL Y TEMPERATURA

Datos del Cliente

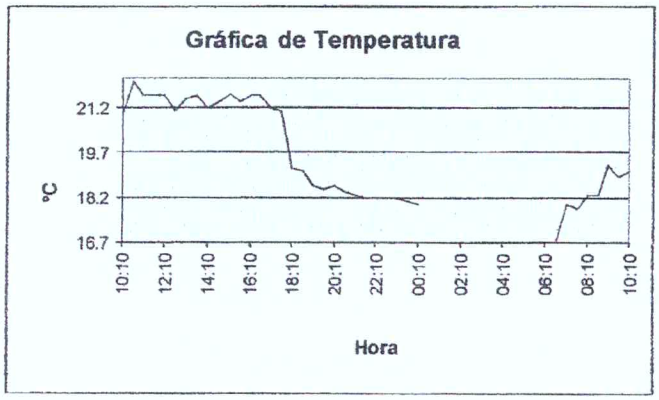
Cliente:	Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable:	Ing. Julio Martínez
Dirección:	4ta calle y 4ta avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Municipalidad de La Antigua Guatemala	Monitoreo desde:	27 de junio de 2017 (10:10)
		Monitoreo hasta:	28 de junio de 2017 (10:10)
Referencia cliente:	PTAR San Mateo Milpas Altas, entrada	Responsable del muestreo:	LUIS MARTÍNEZ
Lote:	17-2309		



	L/s
Promedio	0.66
Máximo	1.54
Mínimo	0.00



	°C
Promedio	19.7
Máximo	22.1
Mínimo	16.7

Medición de caudal manual volumétrica, utilizando un recipiente de 4.1 L. Mediciones de tiempo a intervalos de 30 min, de acuerdo al procedimiento de medición de caudal PRO25-MUE. Medición de temperatura utilizando un termómetro digital Marca: Hanna, Modelo: HI9801-1. Mediciones de temperatura a intervalos de 30 min, de acuerdo al instructivo de medición . de pH y temperatura INS03-MUE. No se reportó agua en el siguiente horario 00:40 a 06:10.

CUADRO COMPARATIVO INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS
ACUERDO GUBERNATIVO 138-2017

Datos del Cliente

Cliente: Municipalidad de La Antigua Guatemala
Responsable: Ing. Julio Martínez
Dirección: 4ta calle y 4ta avenida esquina, Palacio del Ayuntamiento

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Municipalidad de La Antigua Guatemala
Fecha de monitoreo: 27 y 28 de junio de 2017
Muestra simple o compuesta: Compuesta
Tipo de muestra: Agua residual ordinaria
Código de muestra: 17-2309-2

		Referencia:	Artículo 24 bis: Límites Máximos Permisibles de Descargas a Cuerpos Receptores Para Aguas Residuales Municipales.			
Análisis	**Dimensional[1]**	**PTAR San Mateo Milpas Altas, salida**	**2 de Mayo de dos mil diecinueve**	**2 de Mayo de dos mil veintitres**	**2 de Mayo de dos mil veintisiete**	**2 de Mayo de dos mil treinta y uno**
Color	u Pt-Co	773	1,000	750	500	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L - O_2	510	250	100	100	100
Fósforo Total	mg/L - P	12.00	40	20	10	10
Grasas y Aceites	mg/L	48	50	10	10	10
Materia Flotante	---	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Nitrógeno Total	mg/L - N	37.90	150	70	20	20
pH (in-situ)	---	6.73	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Sólidos Suspendidos	mg/L	248	275	200	100	100
Temperatura Promedio (in-situ)	°C	20	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7	TCR+/- 7
Coliformes fecales	NMP/100ml	13,000,000	$< 1X10^7$	$< 1X10^4$	$< 1X10^4$	$< 1X10^4$
Arsénico	mg/L - As	0.0028	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	mg/L - Cd	< 0.0095	0.1	0.1	0.1	0.1
Cobre	mg/L - Cu	< 0.040	3.0	3.0	3.0	3.0
Cromo (VI)	mg/L - Cr	< 0.05	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	mg/L - Hg	< 0.0012	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	mg/L - Ni	< 0.250	2	2	2	2
Plomo	mg/L - Pb	< 0.070	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	mg/L - Zn	0.339	10.0	10.0	10.0	10.0

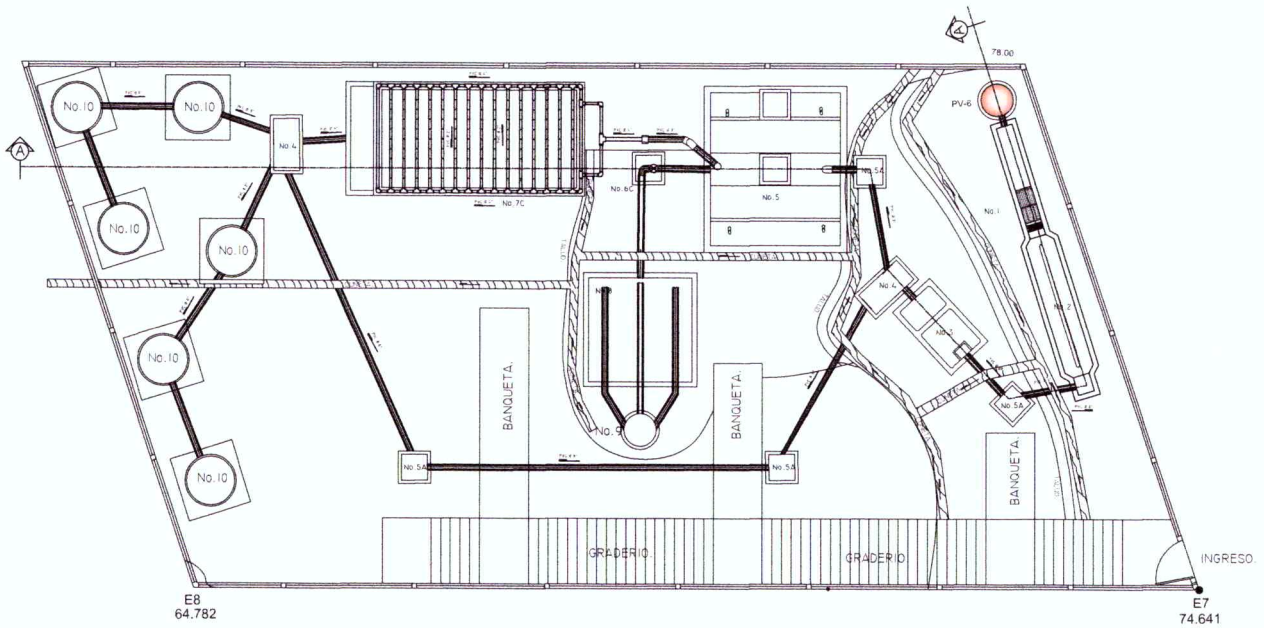
(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = Unidades platino cobalto; [2]NMP/100 mL = número más probable por 100 mililitros.

Azul: Se cumple con el valor establecido para dicho parámetro en la correspondiente etapa de cumplimiento.

Rojo: No se cumple.

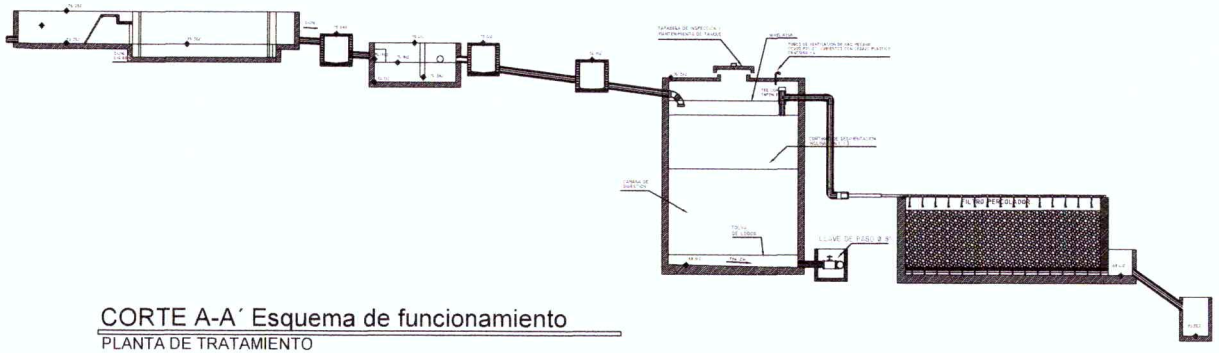
ANEXO M

PLANO DE LA PTAR DE SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y SAN MATEO II



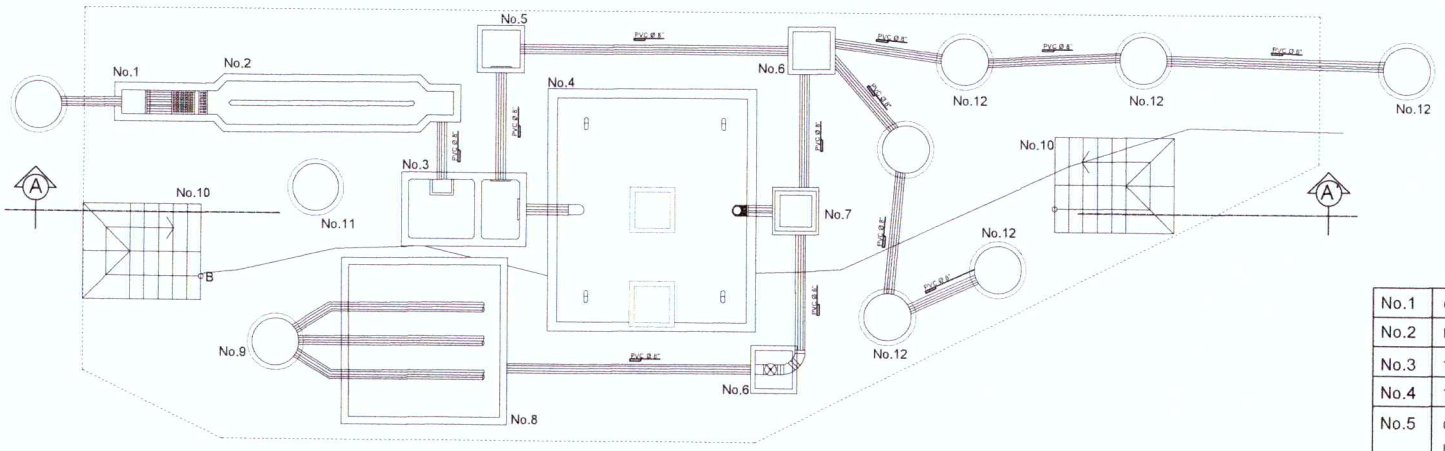
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO
PLANTA DE TRATAMIENTO

No.1	CAJA REJILLA
No.2	DESARENADOR
No.5A	CAJA DRERIBADORA PARA LIMPIEZA DEL SISTEMA
No.3	TRAMPA DE GRASAS
No.4	CAJA UNIFICADORA, ABAJO
No.5	TANQUE IMHOFF
No.6C	CAJA DE LIMPIEZA CON VALVULA DE Ø8" NIVEL SUELO
No.6	CAJA UNIFICADORA, ABAJO
No.7C	FILTRO PERCOLADOR.
No.8	PATIO DE SECADO DE LODOS CON TUBO PVC. PERFORADO
No.9	POZO DE ABSORCION PARA PATIO DE SECADO Ø 1.00
No.10	POZO ABSORCION 6 POZOS DE 16M DE LARGO X Ø1.00M



CORTE A-A´ Esquema de funcionamiento
PLANTA DE TRATAMIENTO

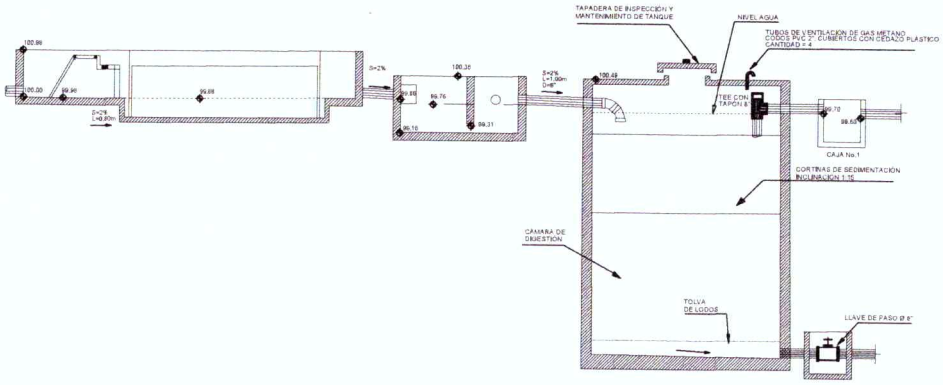
	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	17/9/2017	Ernesto del Cid		
ESCALA 1/150	Descripción: Planta y Perfil de la PTAR San Cristóbal El Alto			PLANO N°: 1/1



No.1	CAJA REJILLA
No.2	DESARENADOR
No.3	TRAMPA DE GRASAS
No.4	TANQUE IMHOFF
No.5	CAJA DERIBADORA PARA LIMPIEZA DEL SISTEMA
No.6	CAJA UNIFICADORA
No.7	CAJA DE LIMPIEZA CON VÁLVULA DE Ø8" NIVEL SUELO
No.8	PATIO DE SECADO DE LODOS CON TUBO PVC. PERFORADO
No.9	POZO DE ABSORCIÓN Ø1.00m
No.10	GRADAS (CAMBIO DE NIVEL)
No.11	SUMIDERO PARA LIMPIEZA DE REJILLA, DESARENADOR Y TRAMPA DE GRASAS DIM. 1m X 3m DE PROFUNDIDAD
No.12	POZO DE ABSORCIÓN 6 POZOS DE 16m DE LARGO X Ø1.5m

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO



CORTE A-A´ Esquema de funcionamiento

PLANTA DE TRATAMIENTO

	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	28/8/2017	Ernesto del Cid	
ESCALA 1/100	Descripción: Planta y Perfil de la PTAR San Mateo 2		PLANO N°: 1/1

ANEXO N

ACTAS MUNICIPALES

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20479

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

ACTA NÚMERO 59-2017. En el Municipio de La Antigua Guatemala, Departamento de Sacatepéquez, el día cinco de junio de dos mil diecisiete, siendo las dieciocho horas con diez minutos, en el Salón de Sesiones del Concejo Municipal. Ubicado en el segundo nivel del Palacio del Ayuntamiento, de la Ciudad de La Antigua Guatemala, se encuentra reunida la Corporación Municipal, presidida por La Alcaldesa Municipal Arquitecta Susana Heidi Asencio Lueg, quien preside, estando presentes además, los Síndicos Municipales señor Carlos Orlando Flores Vela, Síndico 1°, Licenciado Carlos Francisco Azurdia Castellanos Síndico 2°, y los Concejales, Ingeniero Luis Alberto Asturias Archila, Concejal 1°, Arquitecto Pedro José Asturias Montenegro, Concejal 2°, Licenciada María Eugenia Contreras Mejía, Concejal 3°, señor Julio Roberto Roldán Samayoa, Concejal 4° y señor Roberto Emilio Orozco Oliva, Concejal 5°, respectivamente, y el Secretario Municipal, Licenciado Juan Pablo González Figueroa, con el objeto de celebrar **Sesión Pública Ordinaria**, y para el efecto se procede de la forma siguiente: **PRIMERO:** La Alcaldesa Municipal, quien preside, da la bienvenida a los miembros del Concejo Municipal presentes. **SEGUNDO:** La Alcaldesa Municipal procede a dar lectura a la Agenda a tratar este día; no habiendo ninguna modificación a la agenda se procede a aprobar la misma, con los puntos siguientes:

1. Palabras de bienvenida.
2. Lectura y aprobación de agenda.
3. Lectura y aprobación del acta número 58-2017.-
4. Conocimiento y resolución sobre la transferencia de dinero para el pago de las horas extras, y otros.
5. Conocimiento y resolución del oficio presentado por Alcaldes Auxiliares, solicitan que el reglamento de Alcaldes Auxiliares previo hacer publicado sea discutido en Sesión Extraordinaria.

capaz y nos dejó en el momento más crítico, y el platico con el Ingeniero Mas ella y le dijo que él no sabía a la fecha porque lo habían despedido y el problema es que él no estaba involucrado y piensa que la decisión fue tomada a prisa y pude que la persona seleccionada sea tomada con un criterio estricto porque luego genera que ofrecen el cielo y las estrellas y nos dejan sin nada. El concejal 2º indica que el Ingeniero Ariel fue elegido por su experiencia y que cuando se le pidió que viniera tiempo completo fue que no se dio la contratación. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA, ACUERDAN:** Darse por enterados. **SEXTO: Lectura y aprobación del acta número 58-2017.**El Secretario Municipal procede a dar lectura al acta correspondiente. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA, ACUERDAN: I)** Aprobar el contenido del acta 58-2017. **II)** Certifíquese. **SÉPTIMO: Conocimiento y resolución de la providencia número 1588-2017, del Despacho Municipal, mediante la cual los señores Adrian Santiago y Javier Gómez, manifiestan su preocupación por no existir actualmente un manejo apropiado con maquinaria pesada en el Vertedero el Choconal.** Indica la Alcaldesa que hay varias notas de ellos, dónde emiten opiniones y da lectura al oficio remitido. El concejal 1º indica que hay que ver si las personas tienen la capacidad y el conocimiento para poder hacer una propuesta como esta, pero si solo es un deseo o una opinión esto debe trabajarse manera integral. El concejal 5º indica que está de acuerdo con el concejal 1º y que lo que le preocupa es que se hable de financiero o jurídico algo que no se ha presentado a la comisión específica que es la que presentara lo más viable porque sueños e ilusiones pueden plantear todos y se piensa que es mejor que lo vea la comisión. El concejal 2º indica que no se traigan al pleno y que se envíen a la Comisión para no perder el tiempo. La alcaldesa indica que esto sirve para que todos estén enterados. El concejal 1º indica que se indicó que todo

necesitan una fecha. El concejal 4º indica que está de acuerdo con el Alcalde Auxiliar y que se aproveche para llegar a un conceso y el miércoles se hagan las dos reuniones con los alcaldes auxiliares y posterior el conocimiento del Reglamento. Hay una propuesta que se hagan las dos reuniones el miércoles a la 6:00 de la tarde. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA, ACUERDAN: I)** Que se llevara a cabo la reunión el miércoles a las 6:00 de la tarde. - **QUINTO: Tema del Choconal a desarrollar por el Concejal segundo .** Indica el concejal 2º que es un informe preliminar porque tuvieron reunión con la Asociación de Recolectores de Basura y ellos presentaron una propuesta concreta y ellos contrataron al Ingeniero que anda y ellos presentan un plan ambiciosos y quieren tener el control y que se les dé un terreno, esto hay que analizarlo y darle seguimiento, en referencia al traslado a AMSA que aún no se tienen respuesta, se enviaron todos los datos y se hicieron pruebas para la composición de la basura, los recolectores aducen que sus unidades están algo usadas y no tienen la capacidad de ir, entonces hay que buscar la salida más formal y en eso hay que trabajar y se tiene que contratar a alguien de fijo porque la Ingeniera esta temporal y tiene que estar una persona de fijo. El concejal 5º indica que la solución que se adapta a las necesidades del Municipio es la que se está trabajando con los recolectores y lo que le preocupa es porque se le despidió el año pasado y ahora se generaría los frutos y le preocupa cómo está la toma de decisiones y que indiquen como toman las decisiones y que regresen los que se fueron porque ahora resulta que si sabían. El concejal 1º indica que le Ingeniero Mas ella estaba contratado como Asesor y no podía dedicar suficiente tiempo y no tenía tiempo para dar seguimiento, lo que se está pidiendo es un asesor especifico que tenga un compromiso completa con el tema. El concejal 5º indica que pide los criterios porque recordemos que el Ingeniero Ariel entro como una persona

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20480

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

6. Conocimiento y resolución del oficio presentada por Alcaldes Auxiliares, en el cual solicitan se les de intervención en Sesión Ordinaria del Concejo Municipal para que se les informe sobre la retribución mensual que a la fecha no se les ha entregado.
7. Tema del Choconal a desarrollar por el Concejal Segundo.
8. Conocimiento y resolución de la providencia número 1588-2017, del Despacho Municipal, mediante la cual los señores Adrian Santiago y Javier Gómez, manifiestan su preocupación por no existir actualmente un manejo apropiado con maquinaria pesada en el Vertedero el Choconal.
9. Conocimiento y resolución sobre el tema de las vallas publicitarias colocadas en el Estadio Municipal Pensativo.
10. Conocimiento y resolución de la solicitud de Licencia de Sonido Temporal para el evento KERMESSE, presentada por Profa. Mónica Judith de León Chávez, Coordinadora del Ciclo Diversificado, a realizarse en Colegio Liceo Rosales, Calle de los Nazarenos No. 16 La Antigua Guatemala, el día 11 de junio del 2017 de 8:00 a 18:30 horas.
11. Conocimiento y resolución del dictamen emitido por el Director financiero, sobre la solicitud presentada por el señor Ernesto Monterroso Chan, Presidente Legión de Santiago de los caballeros de Guatemala, sobre la donación de un premio.
12. Conocimiento y resolución de la solicitud de prescripción presentada por la señora Ana Isaura Torres de Armas.
13. Conocimiento y resolución de la solicitud de prescripción por la señora María Paloma Pérez Templado, a nombre de Cornelio Monroy Vásquez. –

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

19933

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

ACTA NÚMERO 42-2017. En el Municipio de La Antigua Guatemala, Departamento de Sacatepéquez, el día veinte de abril de dos mil diecisiete, siendo las dieciocho horas con diez minutos, en el Salón de Sesiones del Concejo Municipal. Ubicado en el segundo nivel del Palacio del Ayuntamiento, de la Ciudad de La Antigua Guatemala se encuentra reunida la Corporación Municipal presidida por La Alcaldesa Municipal Arquitecta Susana Heidi Asencio Lueg, quien preside, estando presentes además, el Síndico Municipal señor Carlos Orlando Flores Vela, Síndico 1°, Licenciado Carlos Francisco Azurdia Castellanos, Síndico 2° y los Concejales, Ingeniero Luis Alberto Asturias Archila, Concejal 1°; Arquitecto Pedro José Asturias Montenegro, Concejal 2°, Licenciada María Eugenia Contreras Mejía, Concejal 3°, señor Julio Roberto Roldán Samayoa, Concejal 4° y señor Roberto Emilio Orozco Oliva, Concejal 5°, respectivamente, y el Secretario Municipal, Licenciado Juan Pablo González Figueroa, con el objeto de celebrar **Sesión Pública Ordinaria**, y para el efecto se procede de la forma siguiente: **PRIMERO:** La Alcaldesa Municipal, quien preside, da la bienvenida a los miembros del Concejo Municipal presentes. **SEGUNDO:** La Alcaldesa Municipal procede a dar lectura a la Agenda a tratar este día; no habiendo ninguna modificación a la agenda se procede a aprobar la misma, con los puntos siguientes:

1. Palabras de bienvenida. -
2. Lectura y aprobación de agenda. -
3. Lectura y aprobación del acta número 39-2017 de Sesión Ordinaria.
4. Audiencia a personeros de la empresa que desean realizar el proyecto de iluminación del Parque Florencia.
5. Comisión de Probidad solicitado por la Concejal 3°.
6. Comisión de Probidad solicitado por la Concejal 3°.
7. Estadio Municipal pensativo, solicitado por el Concejal 4°.

19956

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

el inicio del cierre técnico y cree que primero debe ser el nombramiento de la Comisión. Se adhiere la Alcaldesa y Síndico 1º. Se somete a votación la creación de la Comisión, votan por unanimidad. La Alcaldesa indica que razona su voto porque cree que en primer término va la Comisión. El Concejal 2º indica que puede ser la comisión de Medio Ambiente. El Concejal 4º indica que solicita que sea una comisión específica dada la necesidad que existe de encontrar una solución lo antes posible. El Concejal 5º indica que una comisión de medio ambiente no hay, es la de fomento económico, turismo y medio ambiente y si se ve y analiza esa comisión tiene tres rubros. Se somete a votación que se forme una Comisión especial, votando a favor Concejal 2º, Concejal 3º, Concejal 4º, Concejal 5º y Alcaldesa. La Alcaldesa indica que quienes se proponen. Se propone al Concejal 2º. El Concejal 2º propone al Concejal 5º. El Concejal 5º indica que el hizo propuestas oportunas y no fueron escuchadas por lo que se excusa de participar y pide que se respete su decisión porque está en infraestructura viendo los proyectos. El Concejal 2º indica que pide que lo reconsidere porque él ya había hecho los consensos en AMSA. La Alcaldesa indica que no está de acuerdo en que alguien adopte una postura así por cuestiones inmaduras y aquí tenemos que ser maduros, y ella opina algo y nadie le parece y sigue participando, estamos contribuyendo a la ciudad no es algo personal, aportar lo que sabemos a la ciudad. El Concejal 1º le pide al Concejal 5º que reconsidere por el expertis que él tiene sería una buena aportación y un elemento importante al tema. La Alcaldesa pregunta si acepta. El Concejal 5º indica que quiere organizar su tiempo por los temas de los proyectos que él está supervisando y no quiere quedar mal y ha manifestado su preocupación y ya lo propusieron como presidente de la Comisión y quiere hacer un buen trabajo. La Alcaldesa indica que se ofrece si el Concejal 5º participa y ella va como suplente. Indica que el Reglamento es necesario pues sin este no sería

sustentable ninguna acción. El Concejal 2º indica que todos están conscientes que es necesario pero también que regrese con dictamen de la Comisión, correspondiente. El Secretario indica que en este momento no puede indicar en qué dependencia se encuentra el Reglamento. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA, ACUERDAN: I) APROBAR** el inicio de cierre técnico acompañado del MAGA.**II)** Se aprueba la formación de la Comisión del Choconal.**III)** Integran la Comisión Especial del Choconal, el Concejal 1º,Concejal 2, Alcaldesa como suplente y pendiente decisión del Concejal 5º.**IV)** Certifíquese. La Alcaldesa indica que como tiene un proyecto de bases, que solicita autorización para que lo vean quienes van a elaborar o bien se puede desechar. Somete a votación, votando en contra la Concejal 3º, Concejal 4º y Concejal 5º. La Concejal 3º indica que vota en contra porque es una violación al debido proceso del Concejo Municipal, pues a la fecha no se ha tomado ninguna decisión de cuál es la vía a seguir en basura de derechos orgánicos, considera que se están vulnerando los derechos y adelantándonos a fases que no se ha llegado y considera que eso es un sesgo en cuanto a la toma de decisiones y le gusta tener por escrito la aceptación por escrito de los tres funcionarios que mencionaron y que trabajaron las bases en independientemente que las hayan trabajado o no, considera que no se puede realizar el estudio de una fase sin que este tomada una decisión, debiendo seguir el debido proceso que implica. El Concejal 5º y 4º se adhieren al razonamiento. **DÉCIMO CUARTO:** Puntos Varios. **A. dictamen de la Comisión de educación. Relacionada con la solicitud de la señora Ana Roselia López Chipix, Directora administrativa colegio Belén e Instituto Indígena Nuestra Señora del Socorro, solicita autorización para la realización de una carrera de 5 kms el día sábado 22 de abril en honor a los 350 años de glorificación, iniciando a las 7:30 en el parque Belén, siendo la**

19954

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

Concejal 2º indica que lo que plantea el Concejal 5º el inicio del cierre técnico con el acompañamiento del MAGA, y está de acuerdo, segundo la Comisión como pate de la medida integral con tres objetivos claros, ver la oferta de AMSA, ver las eventualidades y convenio con los recolectores, teniendo esto luego de verlo en el Concejo, después del trabajo de la comisión ver las bases porque ahora no tiene nada de qué ver en este momento bases, porque lo más rápido posible es el Reglamento. El Concejal 1º indica que el cierre técnico tiene un costo elevado. El Secretario indica que el año pasado se vio el cierre técnico y en diciembre del 2015 se pidió un dictamen y se quiso solventar la situación que quedo en acta y manifestaron que el cierre técnico se hablaba de un presupuesto de más de 15 millones y solo para empezar y dos no se tiene ninguna relación con la empresa de Escuintla pero le genero dudas el sentido que si se forma la comisión se comuniquen con las Municipalidades porque no cree que la Municipalidad de Escuintla ni otras Municipalidades hayan firmado sin un respaldo legal y avocarse a las Municipalidades para ver un panorama más claro para tomar una decisión. La Concejal 3º indica que desconoce es el costo y que lo que hay que hacer es lo correcto y no se puede dejar el Choconal en las circunstancias que está hoy en día, es culpa de administraciones anteriores, pero lo que rige sus decisiones es hacer lo correcto y lo correcto es hacer un cierre técnico, y el Concejal 2º y el Concejal 5º tienen conocimiento en el tema y es lo que están proponiendo y nadie puede hacer un estimado hasta que no se inicie, vuelve a insistir que se someta a votación como primer punto el cierre técnico, como segundo punto la comisión y ya con la comisión las propuestas concretas para optar por la vía que recomiende la comisión y nuestro criterio y tomar decisiones para poder girar instrucciones, y pregunta a la Alcaldesa la base legal para tener de referencia que no se puede celebrar Convenios con instituciones privadas. El Concejal 2º indica

que un cierre técnico tiene varias cosas desde la consolidación de la parte baja del terreno, y hacer una serie de tratamientos que necesita el botadero, este proceso es largo y tiene un costo, lo que se dice es que inicie el acompañamiento, puede durar hasta veinte años, y lo que se quiere es que se inicie y que se haga la comisión para ver las eventualidades y el otro objetivo ver la parte legal de otras opciones. La Alcaldesa indica que con algunas licitaciones cuando gana una empresa el cierre técnico se le carga a la empresa y hay varios parámetros nacionales e internacionales, está de acuerdo en hacerlo en su orden y primero hay que crear la comisión si primero se cierra el basurero y acepta a AMSA y ellos tienen sus problemas, podría ser en convenio si es una donación, todos dicen que no va a costar nada pero tiene referencias que incluso la energía no es posible cobrarla y desde el momento que se cobra puede ser el problema, y cree que la comisión va a tener los criterios, pero el cierre técnico antes de la comisión. El Concejal 2º indica que la decisión técnica es la que se necesita del cierre técnico es el inicio y con acompañamiento del Maga. La Alcaldesa quiere proponer en su orden y no se ofende, quiere que se forme la comisión que se dé inicio a la formación de la comisión, que se haga el contacto con AMSA, no está de acuerdo en platicar con ninguna empresa más, y segundo que se ordene la elaboración de las bases y las soluciones que se han puesto. El Concejal 5º indica que está en desacuerdo y que él propuso que su propuesta solida es iniciar el cierre técnico. La acáldese indica que le parece si se somete a votación. El Concejal 5º lo he propuesto pero no se ha llamado a votación. La Alcaldesa somete a votación el inicio de cierre técnico acompañado del MAGA, aprobado por mayoría, votan en contra el sindico 1º, Concejal 1º y Alcaldesa. La Alcaldesa indica que razona su voto indica que no es que no está de acuerdo con el cierre técnico que eso lo pone en segundo lugar. El Concejal 1º indica que el vota en contra porque necesita más información por

19952

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

que no está de acuerdo con la empresa pero están obligados a dar oportunidades, ni siquiera se sabe cuántas empresas participan en este país, a ella la buscaron un par pero no las trajo porque no tiene sentido, lo que corresponde es ver los instrumentos para sacar adelante una contratación de servicios o una concesión de servicios libre todos los que quieran participar, no está de acuerdo porque tiene sus riesgos. La Alcaldesa indica que llevarlo a AMSA va a salir más caro, porque no se va a tener como sustentar el servicio, hay que tener en cuenta las consecuencias que puede tenerse ciudadano por ciudadano, cuando cuesta el doble el servicio cosas pueden pasar y hay que encontrar una libre participación sin sesgos, sin inclinación a nadie y no está desacuerdo en que sea posible hacer un convenio con una empresa privada, eso es ilegal. El Concejal 2º indica que lo importante es ordenar y piensa que el planteamiento del Concejal 5º va en la misma línea y que lo ve que se dé ala Comisión de Ambiente, para que se evalué y que se vea el tema de AMSA, para hacer el convenio con los recolectores para que vayan haya y segundo trabajar las eventualidades y con el cierre técnico se ve hacia dónde va la basura y más adelante se ve lo de cómo se establece llevarlo a Escuintla o AMSA pero hacer la investigación como lo establece el sindico 2º. El sindico 1º indica que retoma lo que dice el Concejal 2º la creación de una comisión y ya no hay para donde el Choconal ya no aguanta más y lo que se tiene que tomar es una decisión a futuro próximo, los diferentes escenarios no son excluyentes y que la Comisión haga los contactos pero estar conscientes que el Choconal no da para más, ver cuáles son las opciones. El Concejal 1º indica que apoya al Concejal 2º el cierre técnico debe ser propuesto pero preliminarmente la garantía de que la basura no se va las calles. El Concejal 5º indica que le preocupa, que el cierre técnico lo manifestó el año pasado y votamos, y el cierre técnico ahorita no quiere decir que mañana le vamos a poner talanquera,

porque es un cierre técnico con acompañamiento del Ministerio de Ambiente es el banderazo, porque el cierre técnico puede durar dos años, porque hay que hacer análisis del subsuelo, de los mantos friáticos, de la contaminación que se está creando al medio ambiente, el cierre técnico es el punto de partida para tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo, a corto plazo propuso el cierre técnico y dejar en el Choconal un punto de centro de transferencias como el que se tiene ahorita en la Pólvora y licitar en lugar que enterremos e incineremos la basura, licitar una empresa de transporte que ella sea la responsable de ir a traer los viajes que sean necesario al Choconal a AMSA porque ya tendríamos la carta, acá pidieron la carta donde se decía que no y ahora resulta que sí, enseñamos la carta de AMSA y eso era a corto plazo, a mediano plazo ver qué decisión tomamos y largo plazo buscar las fuentes financieras porque tratar la basura no es un tema barato y quiere que quede en acta que por segunda vez pide el cierre técnico porque es una irresponsabilidad lo que se está haciendo con el cierre técnico allí y al estar buscando las bases perfectas vamos a seguir perdiendo el tiempo por eso pide que el Choconal puede seguir trabajando de hecho se autorizó un cobro que aún no se hace y pide retomar el cierre técnico del Choconal darle el aviso al Ministerio de ambiente para el acompañamiento y la empresa de transporte para trasladarlo y ver el centro de transferencias mientras se da el tiempo de evaluar la empresa que vino, si hay más empresas porque si hay que sentarse con las empresas para ver las tecnologías independientemente de quien sea porque no somos especialistas. La Alcaldesa indica que en su orden es formar la Comisión, en segundo lugar si se cierra de una vez o después de las consecuencias. La Concejal 3º indica que como primer propuesta pondría ella el cierre técnico que propone el Concejal 5º que es a corto plazo, ya a mediano y largo plazo que se forme la Comisión y estaremos a la espera de las recomendaciones que presenten. El



Municipalidad de
La Antigua Guatemala

19950



que pide, y no le importa la solución de que se dé pero el año pasado pidió el cierre técnico y que ese evaluaran las opciones no hay nada solido sobre la mesa lo que se tiene solido es AMSA que se trajo la carta que ellos reciben la basura para contener el problema mientras se analiza, porque pensar en grande son dos años y si rentar una maquinaria toma seis meses pensar en un relleno sanitario, prefiere tener los pies sobre la tierra y tener una realidad en lo que tenemos en la mano. La Alcaldesa indica que no es que se haga nada pues el evento se cayó por falta de requisitos fundamentales y parece que no se quiso hacer. Aclara que el boleto de ornato cubre el servicio de limpieza y el servicio de basura en la vía pública hay una concesión de hecho y no de derecho, y la recolección de la basura privada la tiene que pagar el vecino. La Alcaldesa indica que le preocupara la empresa porque no tiene la experiencia y se pueden tener problemas legales por eso, y hay que tener que ver el respaldo financiero y no se sabe de esa tecnología, y una entidad pública no puede entregar a dedo, solo hay un problema en su exposición hablaba de hacer un convenio y convenio no se puede hacer con las empresas privadas, convenios con cooperaciones institucionales, pero no con empresa privada, y es para protegernos a todos. El Concejal 5º indica que quiere manifestar su preocupación por que se hable de subir un concurso pero no se ha empezado aun el norte de que es lo que se necesita, y si con una maquinaria no cumplieron las bases, como vamos a levantar otro evento, por eso reitera su solicitud del cierre técnico y ya pongamos una meta a corto plazo para que sea realizable, porque en las bases se puede poner que no se quiere basura en todo el país, pero si no se cumple quedamos en las mismas, vamos a repetir los concursos y lo manifesté que la empresa no fuera calificar y en el audio se puede verificar, no quiere salar el evento pero a corto plazo hay que buscar una solución de buscar una salida y hacer planes sólidos. La Alcaldesa indica que lo de

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

19951

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

AMSA es una buena salida y que no es un vertedero controlado es un botadero. La Alcaldesa indica que se tiene el proyecto de bases si quiere se distribuyen o se leen en la sesión. El Sindico 2º indica al ser un proyecto no ve porque no se pueden conocer, lo que se tiene que tomar es una decisión inmediata las ideas que se están exponiendo son excelentes, pero la decisión es inmediata, porque de acá a un tiempo se tiene la solución se harán las cosas, pero hay que accionar, piensa que hay que tomar decisiones y para él la empresa que ha venido es la única que nos ha presentado soluciones y hay que ver cómo fue que unieron con otras Municipalidades y como es que ellos abordaron la situación y se habla de una mancomunidad de Municipalidades y por la Asociación de alcaldes ustedes tienen contacto a todo nivel y preguntar con la gente de Escuintla más despacio, lo que se tiene que hacer es tomar una decisión porque si no cuando sintamos vamos a tener problema si no tendremos soluciones para este año, si tenemos un contacto con AMSA y reciben la basura no hay que esperar más y una propuesta no le echemos en saco roto averigüemos y si no hay una propuesta que se generó de ex empleados y empleados de la Municipalidad. La Concejal3º indica que se están alejando del tema del Choconal se tomen decisiones y de estas se generan instrucciones a los departamentos que corresponda para que hagan el trabajo que corresponda y si se opone a que sean trasladadas unas bases de licitación que fueron trabajadas sin instrucciones del Concejo Municipal porque el debido proceso lo que establece es que la discusión del día de hoy la toma de decisiones en base a la discusión y en base a las instrucciones precisas del Concejo nuestros departamentos técnicos realicen las propuestas de bases retoma el tema del Concejal 5º que es el cierre técnico del Choconal, votar sobre ese punto, y avanzando si fuera satisfactoria la votación ver las alternativas de las tecnologías, dar instrucciones y estamos operando antes de saber cuál es el mal. La Alcaldesa indica



Municipalidad de
La Antigua Guatemala

19948



el año, y ese es el techo que se podría aceptar de una empresa privada e indica que lo que se tiene que ver si se quiere una contratación de servicios o una concesión o sacar a concurso abierto porque uno puede decir y ellos dijeron que empiezan en abril, sugiere que el proceso se saque a concurso, hay unas bases de licitación y unos términos de referencia de las unidades técnicas y tienen que ser revisadas, están bastante completo con especificaciones técnicas y lo que le corresponde al sector público y lo que corresponde es licitación, por lo tanto la estimación tiene que ser una licitación, hay muchas empresas que dicen que no hay que pagar, lo que corresponde es sacarlo a concurso. La Concejal 3º indica que quiere que se respete el orden de la toma de decisiones el día de hoy como punto de agenda esta que todos trajéramos las sugerencias del tema del Choconal, previamente a generar un proceso de licitación unas bases, no se puede generar proyectos sin autorización del Concejo Municipal, por lo que pregunta a la señora Alcaldesa que personas participaron en esta elaboración de bases, puesto que al haberse realizado fuera de una autorización previa del Concejo Municipal, estas personas incurren en responsabilidad esto únicamente para que quede en acta tomando en consideración que no se deben vulnerar procesos dentro de la legislación está claro que el órganos de decisión es el Concejo Municipal y derivado de estas decisiones se generan las acciones para establecer las bases y sometidas al Concejo y pide que se lleven las acciones de acuerdo a la Ley. La Alcaldesa indica que es una propuesta de los funcionarios contratados por ejemplo acá estuvo Rubén del Águila como asesor, que participo en varios concursos, estuvo Ariel y ellos hacen un aporte y no quiere que quede registrado en la historia como una alteración del orden, no se pueden hacer las propuestas, es un documento mártir y si quieren se parte de cero o se ordena que la haga DMP quienes ustedes consideren, y no hay nada de mal en hacer una propuesta le preocupa las aseveraciones que se

hacen. El Concejal 1º indica que el no ve problema si una persona que está siendo pagada por la Municipalidad hace un análisis. El Concejal 2º indica que quiere que se ordene y que el tema es el Choconal que es la parte ultima de los desechos, el proceso inicia en la generación de la basura, el depósito, el transporte hasta llegar al Choconal y es un vertedero que está contaminando el afluente de agua, por lo que considera que cualquier opción tiene dos años mínimo, por eso se habló de sus propuestas. Y por supuesto que se tiene la responsabilidad del manejo de la basura, pero hay que tomar decisiones y por ejemplo el boleto de ornato no permite el cobro de la basura, por eso hay que ver opciones y se habla de la última etapa de la gestión de los desechos y ve lo viable la opción de Escuintla y se elimina el problema del Vertedero. El Concejal 1º indica que las observaciones del arquitecto son correctas lo que ve es que se tiene que hacer un estudio inmediato de cómo va a operar el Choconal cada día está peor cómo es posible que no podemos contratar la maquinaria para compactar estamos hablando de eso desde noviembre y lo hice ver el 1º de noviembre, estamos 20 de abril y no hay soluciones. El Concejal 5º indica que su primera propuesta la hizo el año pasado y todos coincidieron en la mesa que lo que está en el Choconal es un mecanismo que no funciona y perjudica el medio ambiente y se vio desde el año pasado y trae nuevamente a la mesa el cierre técnico y que sea sometido a votación y se dijo que si no se hacia el cierre técnico no se iba a tener presión para tomar medidas a corto, mediano y largo plazo, adicional en noviembre del año pasado manifestó que estaba la acción de AMSA, antes de conocer la opción de incineración de la basura y lo primero es el cierre técnico y manifiesta su preocupación por que la persona encargada cuando se le pidieron planes de acción previendo que no se fuera a rentar la maquinaria presento su renuncia y le preocupa eso porque el problema al no haber opciones se retiró la persona y el Choconal va a traer muchos problemas por lo

8. Informe rendido por el Concejal 5° sobre los avances en los proyectos Municipales.
9. Conocimiento y aprobación del CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL No. 79-03-01-2016 SUSCRITO ENTRE LA SECRETARÍA DE OBRAS SOCIALES DE LA ESPOSA DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA – SOSEP- Y LA MUNICIPALIDAD DE ANTIGUA GUATEMALA DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, PARA APOYAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS CENTROS DE ATENCIÓN Y DESARROLLO INFANTIL NÚMEROS 57-20 Y 681-30. –
10. Conocimiento y aprobación sobre la solicitud realizada por Odilia Maricel Pamal Pamal, Encargada Unidad de Educación, en cuanto a analizar y aprobar las cuotas actuales establecidas según Acta No. 81-2014 del Concejo Municipal, de fecha veintinueve de octubre de dos mil catorce, punto tercero para seguir con los trámites correspondientes.
11. Conocimiento del Cronograma sobre cómo se conocerán los Manuales de Funciones solicitado a la Directora de Recursos Humanos.
12. Conocimiento del informe sobre la solución administrativa de los descuadres de cajas, ya consensuadas con el Director Financiero, solicitado a la Auditora Interna.
13. TEMA DEL CHOCONAL.
14. Puntos Varios. -
15. Cierre de sesión. -

Los miembros del Concejo Municipal de la Antigua Guatemala, acuerdan: Modificar el orden de la agenda para atender en primer término los puntos que tienen presencia de terceros. **TERCERO: Audiencia a personeros de la empresa que desean realizar el proyecto de iluminación del Parque Florencia.** Toma la

interna. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA, ACUERDAN: I) APROBAR** que el día lunes se presente el Director Financiero y la directora de auditoría Interna a presentar el informe correspondiente. **II)** Certifíquese. **DÉCIMO TERCERO: TEMA DEL CHOCONAL.** La Alcaldesa indica que en algunas ocasiones se ha tratado que hay un Reglamento aportado por el Concejal 2º que realizo en coordinación con otros funcionarios en lo personal traslado sus observaciones a dicho reglamento. El Concejal 2º indica que lo que hay que hacer es definir que se va hacer ya se está llegando al final y se tienen tres opciones, el primero es un relleno sanitario que no baja de 12 millones y se lleva dos años, más lo operativo, segundo encontrar una tecnología no la hemos encontrado ya llevamos un año tres meses y no tenemos y si lo tuviéramos necesitados dos años y la otra moción es llevarlo al vertedero en Escuintla esto tiene un costo cero para la Municipalidad y no tiene costo para los basureros, considera que se haga una recolectores o se le dé a la comisión de ambiente, hable con el Ingeniero de la empresa que vino acá y hay que negociar dos cosas por ejemplo lo del 100% y que no se puede suscribir el contrato por 35 años porque el periodo es de dos punto cinco años y no podemos más de nuestro periodo y en todo caso 3.5 pero no más que eso, y esa es su recomendación. La Alcaldesa indica que en el artículo 68 del Código Municipal se dan las obligaciones del tema y el reglamento es importante por diversos temas, por ejemplo el pago de la población y cuando existen varias empresas y si recibimos de una en una y aclaro que no es personal, pero hay múltiples empresas que se dedican a ello y el estado está obligado a darle oportunidades al sector privado de diferentes figuras legales y técnica financieras, una de ellas es la concesión de servicios, que es entregarle a un tercero la obligación Municipal, y la otra modalidad es la contratación de los servicios y de esa modalidad a la fecha se gasta más de millón y medio durante

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

20062

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

ACTA NÚMERO 47-2017. En el Municipio de La Antigua Guatemala, Departamento de Sacatepéquez, el día cuatro de mayo de dos mil diecisiete, siendo las dieciocho horas con quince minutos, en el Salón de Sesiones del Concejo Municipal. Ubicado en el segundo nivel del Palacio del Ayuntamiento, de la Ciudad de La Antigua Guatemala se encuentra reunida la Corporación Municipal presidida por La Alcaldesa Municipal Arquitecta Susana Heidi Asencio Lueg, quien preside, estando presentes además, los Síndicos Municipales señor Carlos Orlando Flores Vela, Sindico 1°, Licenciado Carlos Francisco Azurdia Castellanos Sindico 2°, y los Concejales, Arquitecto Pedro José Asturias Montenegro, Concejal 2°, Licenciada María Eugenia Contreras Mejía, Concejal 3°, señor Julio Roberto Roldán Samayoa, Concejal 4° y señor Roberto Emilio Orozco Oliva, Concejal 5°, respectivamente, y el Secretario Municipal, Licenciado Juan Pablo González Figueroa, con el objeto de celebrar **Sesión Pública Ordinaria**, y para el efecto se procede de la forma siguiente: **PRIMERO:** La Alcaldesa Municipal, quien preside, da la bienvenida a los miembros del Concejo Municipal presentes. **SEGUNDO:** La Alcaldesa Municipal procede a dar lectura a la Agenda a tratar este día; no habiendo ninguna modificación a la agenda se procede a aprobar la misma, con los puntos siguientes:

1. Palabras de bienvenida. -
2. Lectura y aprobación de agenda. –
3. Lectura y aprobación del acta número 45-2017 de Sesión Ordinaria.
4. Conocimiento y resolución del aporto otorgado por la Cooperación Española.
5. Informe rendido por el Ingeniero Mario Ubaldino Chiquitó, Administrador Finca Municipal Florencia, sobre la situación del Vertedero el Choconal.
6. Tema a tratar El Choconal.

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20063

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

7. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Gustavo Adolfo Beza Bran y Cdño.
8. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Ana Dolores Rivera de Sian.
9. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Carlos Samuel Duran Gordillo.
10. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de María Augustina Chacón Díaz.
11. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de la tarjeta duplicada a nombre de Otto René García Chinchilla.
12. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Otto René García Chinchilla.
13. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Residenciales Cerros S.A.
14. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Mirna Irene Trejo Sandoval.

20064

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

15. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Laura Lucrecia Lazo Lira.
16. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Laura Lucrecia Lazo Lira.
17. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Nestor Barrientos Galindo.
18. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de rebaja de capital de avalúo al señor José Rolando Rodríguez.
19. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada de la Empresa Inversiones Santa Fe. S.A.
20. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Rolf Herberth Preiss Mieth
21. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Erick Ricardo Dubon Méndez.
22. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Erick Ricardo Dubon Mendez.

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20065

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

23. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Rigoberto Díaz Sican
24. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Hoteles, S.A.
25. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Víctor Manuel Fratti Luttmann
26. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Raul Minondo Herrera
27. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjeta duplicada a nombre de Raúl Mirondo Herrera.
28. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de Tarjetas duplicada a nombre de Raúl Minondo Herrera.
29. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Raul Minondo Herrera.
30. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Betsy Kay Gemmell Vakey de Eklund y Cdño.

Municipalidad de La Antigua Guatemala

Palacio del Noble Ayuntamiento

20066

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

31. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Inmobiliaria S.L. S.A
32. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Inmobiliaria S.L S.A
33. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Anthony Sefan Pasini y Cdño.
34. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de José Rafael Quiroa Montepeque.
35. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI, de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Lidia Elvira Morales Zelada.
36. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Hotel Camino Real Antigua G.
37. Conocimiento y resolución de la solicitud presentada por la Jefe del Departamento del IUSI de anulación de tarjeta duplicada a nombre de Desarrollo Ave del Paraíso. -
38. Conocimiento del Dictamen emitido por la Comisión de Educación sobre la solicitud de la señora Ana María de Linares.
39. Puntos Varios.
40. Cierre de sesión.

Los miembros del Concejo Municipal de la Antigua Guatemala acuerdan aprobar el cambio en el orden de la agenda para atender en primera instancia las audiencias y luego proseguir con el orden normal de la misma. **TERCERO: Tema a tratar El Choconal.** El Secretario Municipal indica que dará lectura al oficio remitido por el Ingeniero Chiquito, en el cual se indica que entrega una copia del oficio remitido por el Ingeniero Chiquito, el cual indica: *"el motivo de la presente es para manifestarle mi preocupación como administrador de la finca municipal Florencia, en cuanto a los impactos negativos que se continúan presentando en el sitio de disposición final de residuos sólidos "vertedero el Choconal", en este lugar ya no se cuenta con espacio impactado para la disposición final de estos, pues si se continua depositando desechos sólidos sobre las plataformas se corre el riesgo de un deslizamiento por el peso de la basura, material de cobertura y la vibración que provoca la maquinaria y camiones que podrían provocar un desastre con consecuencias muy lamentables. Otro de los casos es la altura de las plataformas que está provocando contaminación visual desde diferentes puntos de la cuenca, contaminación del entorno por arrastre de desechos sólidos, polvo y malos olores a través del aire que circula en este lugar, que ya llegan a áreas poblados como, la aldea de San Juan Gascón y Santa Lucía Milpas Altas. Una de las limitantes de este vertedero es el poco espacio impactado disponible que está quedando debido al aumento de residuos que se reciben diariamente, aunado a ello la cantidad de desechos que provocó la cuaresma y Semana Santa en la ciudad de la antigua que se presento en el mes de marzo y abril teniendo como resultado el incremento en cantidad de residuos sólidos dispuestos en el vertedero; por lo que juntos busquemos otras alternativas de solución a esta problemática.",* La Concejal 3º indica que el tema inicio el día viernes que fueron invitados a una reunión los integrantes de la Comisión de finanzas y la Comisión de Probidad, uno de los fines era

establecer cuál era la política o anticiparnos a traer propuestas en cuanto a la situación del Choconal, pues indican que hay un proceso de contratación de maquinaria pendiente y se nos sale de las manos el manejo del mismo, el año pasado si recuerda hubo una sanción del Ministerio de Ambiente y si preocupa que si bien es cierto este año el Ingeniero Ariel le ha dado seguimiento al mantenimiento del mismo, este se perdió, en esta reunión se planifico una visita al lugar para establecer como es la situación, y el martes a las 8:00 de la mañana asistieron, al empezar el Ingeniero Chiquito llego más o menos 8:30 a 8:40 sin ninguna excusa y ya se había empezado con el tema de la revisión, el Ingeniero Ariel a convocatoria del Ingeniero Asturias llego a tratar de explicar lo que se hizo anteriormente, indica que hubo mucha molestia por el Ingeniero Chiquito por los conceptos que se establecían que decía el Ingeniero Ariel, indico que iba a renunciar porque no era parte de sus atribuciones y le preocupa porque el manejo de la maquinaria debía ser supervisado por una persona que tenga la capacidad de hacerlo y según nos indicaron solo hay dos personas uno que es guardián que estaba de descanso ese día y otro que es un operario que se le ve con mucho deseo de trabajar pero sin el conocimiento para hacerse cargo de un vertedero de esta naturaleza, realmente el ingeniero Ariel indico que la vida útil no sobre pasa del mes de julio u agosto, es decir que se tienen que tomar decisiones en este momento, si es cierto que hubo una basura que se trasladó en el tema de cuaresma y semana santa, y esto no es de ahora de abril es un descuido de unos dos meses atrás, hay falta de capacidad de tierra y nos explicaron el procedimiento, los bloques están sobre pasados en basura y es una lástima, que los funcionarios de la Municipalidad no se quieran hacer cargo de las obligaciones que les corresponden según le indicaban el Ingeniero Chiquito había sido designado para hacerse cargo temporalmente mientras se nombraba a la nueva persona, pero la

actitud es negativa y al final él dijo que no se hacía cargo y que iba a renunciar, y los que debemos de velar porque el vertedero este en buenas condiciones somos nosotros y realmente no se le ve buena disposición, y es operario con buena voluntad de trabajar y de lo contrario es un descuido y les preocupa grandemente, el futuro del vertedero, como informe preliminar y si surge alguna duda con gusto se platica, y es un tema que se debe discutir y dejar claro el día de hoy. Toma la palabra el Ingeniero Chiquito indica que los comentarios de la Licenciada quiere informar que ha estado colaborando y lo ha hecho de buena forma y de buena manera porque no son sus obligaciones, tiene obligaciones como administrador de la Finca Florencia y lo ha hecho de buena forma porque lo hace desde agosto del año pasado, estando dos o tres veces al día en el Choconal, para ver el control de la maquinaria y lo que se contrató el año pasado alcanzo por dos meses más y se hizo con mucha responsabilidad y honestidad y por eso alcanzaron los recursos, a raíz de que el Ingeniero Ariel Salazar, con mucho gusto atendió las ordenes de la Arquitecta que me indico que pudiera estar como gestor temporal al frente del Choconal como todos saben allí se necesita una persona con un perfil que tenga conocimientos sobre la materia por supuesto no es que, no se pueda hacer nada, pero se necesita y como se ha mencionado, la preocupación que se tiene es que ya no se esté disponiendo más basura a este lugar porque se lleva el Choconal a un punto de serios problemas y cualquiera lo pueden ver y esa es la preocupación y no comparte muchos criterios, aunque no tiene muchos conocimientos técnicos del vertedero, pero no comparte muchos aspectos técnicos del lugar porque conoce el área y van a tener consecuencias graves, y se puede seguir vertiendo basura pero con los estudios correspondientes, desde el día 3 de abril acepto el reto de estar apoyando el vertedero el Choconal realmente se ha hecho trabajo, pero se ha trabajado y solicitado, desde el primer

momento solicito que se contratara la maquinaria ya que desde el 15 de marzo ya no había camión para tierra cobertura y la maquinaria llego a marzo, se trató que saliera el requerimiento de la maquinaria y presenta la solicitud, y ya llego la maquinaria en ese tiempo se gestionaron los toneles para las chimeneas que son fundamentales, también se tiene el requerimiento de los 30 metros cúbicos. El concejal 5º indica que está bien conocer lo que se hizo y se le agradece, pero lo que quiere escuchar son las soluciones y que decisiones tomamos y vamos a pasar justificando y no se toma una decisión importante más que la de hace unos día que fue el cierre técnico, y ver que decisiones se toman. El Ingeniero Chiquito indica que menciona esto para que vean que se ha trabajado que no es que no se haya hecho nada, realmente hay personas encargadas de los lugares, por ejemplo, Pedro Castillo que es una persona muy activa está trabajando en los patios y es agradecerle a él, el esfuerzo, se trabaja en el control de la maquinaria y se tiene ya una buena cantidad de horas trabajadas y se tienen cierta cantidad de horas y se hace en base a calendario. El Concejal 4º indica que él estuvo en la reunión y el Ingeniero Chiquito pidió x cantidad de días que él creía que tenía vida el Choconal, cuánto tiempo cree que tiene de vida el Choconal. El Ingeniero Chiquito indica que a su criterio ya la última plataforma queda totalmente terminada, solo se está tratando de conseguir más tierra para poder tener una cobertura, pero otra plataforma más no es conveniente. Indica el Concejal 4º allí estaría lleno, se pregunta si se realizó alguna gestión en AMSA. El Ingeniero Chiquito indica que se hizo una gestión en AMSA de lo que sabe y de los que le indico el Ingeniero Ariel, ya se tenían los permisos correspondientes para ir a verter basura a dicho lugar, él estuvo el día de hoy en dos visitas con el Ingeniero Edgar Pérez, Jefe de División de Derechos Sólidos de AMSA y realmente solo se hizo una visita pero no se concluyó, el trae la respuesta de ellos respecto a recibir la basura del Municipio. El

concejal 4º pide si se le puede dar lectura. El Ingeniero Chiquito da lectura indicando en AMSA que se necesitan llenar varios aspectos para poder recibir la basura de la Antigua. El Concejal 4º indica que según lo manifestado lo que procede es hacer la solicitud de parte de la administración a AMSA y especificar la cantidad de basura aproximada. Indica el Concejal 2º que en una exposición del Ingeniero Ariel se dio la caracterización de la basura. El Concejal 4º indica que sería interesante hacerlo mañana mismo, porque si no nos vamos a encontrar con el problema de dónde recibirla y a dónde enviarla, para que no nos veamos con ese problema que no sabemos qué hacer. El Concejal 5º indica que le preocupa no tener información completa y no tomar decisiones concretas, y llamo al Licenciado Pamal porque cuando el trajo la propuesta de que se llevaran los residuos a AMSA el ingeniero Ariel, ya había presentado una hoja firmada y sellada por el administrador de AMSA con luz verde y le extraña que del trabajo del ingeniero Chiquito la información es contraria, entonces si el Ingeniero Ariel se retiró en el expediente de Recursos Humanos allí debería estar todo el trabajo porque a él se le pago hasta el último día, y se le pago en hora laboral para hacer el trámite y el Ingeniero Chiquito tiene otra información y que a él se le nombre interinamente de un lugar y no se le da toda la información también señores, seguimos perdiendo el tiempo aquí, ahora hablan de otros papeles cuando con el Lic. Pamal leímos la carta sellada, de AMSA y el tema del Choconal es urgente. La Alcaldesa indica que los requisitos se pueden satisfacer. El Licenciado Pamal indica que lo preocupante es que pasa el tiempo y deben ustedes tomar una dedición que se va hacer con el Choconal en las mesas técnicas, se tomó la idea de comprar un camión de volteo de 12 mts y una retroexcavadora, para no arrendar más maquinaria y estar pagando, se habló que el camión de volteo y se estableció que de octubre no pasa, y el camión se podría usar para otras funciones y

la retroexcavadora se puede usar en las aldeas, ahora el tractor si es de seguir arrendándolo, pero para ver si se hace el proceso e cotización y proceso de arrendamiento, se debe saber hasta cuando se le va a dar vida al Choconal porque se tienen que estimar las horas y no sabe en qué momento se va a tomar la decisión, ustedes me pueden decir usted arrende la maquinaria pero cuantas horas si no se sabe si se cierra en junio o en octubre y deben tomar esa decisión, pero definir quién queda como encargado del Choconal, para firmas y apoyo y considera que se tiene que definir cómo se va a tratar la parte técnica del Choconal pues con el respeto de los profesionales, ninguno se pone de acuerdo con que hacer, algunos dicen que hay tierra para excavar, otro no es de esa idea, y aquí se tejen que levantar un estudio y que lo firme , porque a la hora de las decisiones se echan para otras y hay que ver cuál es la decisión técnica del Choconal. El Concejal 2º indica que cada vez está peor y allí es un caos, el concejo ya decidió el cierre técnico y lo que se tiene que tomar medidas urgentes y eso es conseguir el permiso de AMSA para llevar la basura, se necesita contratar al Ingeniero Ariel y él tiene la experiencia y puede asesorar por seis meses más este cierre técnico, poner a una persona especializada a dirigir allí porque ahorita realmente estamos en la calle de la amargura, el material de la cobertura tiene que llegar, se necesita el material de cobertura se necesita y se necesita hacer la gestión para la compra de maquinaria y el arrendamiento que sea para todo el año, el cierre no es que se cierra la puerta y se acabó, por lo tanto el arrendamiento debe ser para todo el año. El Concejal 4º indica que quiere que Mario Chiquito asuma la responsabilidad en este momento del Choconal como él lo dice él es temporal el encargado de ver el Choconal, contestando al director financiero, quien va a firmar, para él en este punto tendría que ser el Ingeniero Chiquito. Hay otro punto cual es la opinión técnica del Ingeniero Chiquito para decir que el vertedero no va

más, porque el Ingeniero Ariel habla de julio a agosto, se necesitaría la opinión técnica porque las opiniones son distantes. El concejal 5º indica que si al día de hoy se tiene el dictamen firmado por el Ingeniero Chiquito se toman decisiones, porque tomar la decisión de comprar la maquinaria en quince días ya no sirve el Choconal, el dinero se puede usar para otras cosas, y si el Ingeniero Chiquito dice que ya no se puede más, que se tenga un informe firmado porque las palabras se las lleva el viento y que sea un documento válido y sino seguimos platicando y tenemos que tomar una decisión. La alcaldesa indica que hay que tomar decisiones, y este concejo tendría que darle paso si están de acuerdo con eso de solicitar la elaboración de unas bases unos términos, y la adquisición de una tecnología apropiada de los desechos y esa solicitud tiene que emanar de los miembros del pleno del ente colegiado como se habló la última vez, el traslado de los desechos es una solución temporal y personalmente ha conocido que AMSA tiene serios problemas y siguen porque nadie tiene una verdadera solución, por el gasto actual del Choconal de 1 millón y medio se pude prever que tiene que ser un a licitación, donde hay poco personal preparado para el tema pero se elaboran unas propuestas de términos de referencia con empleados anteriores entre ellos el Licenciado Luis Linares, Rubén del Águila y Azurdia, entonces si cree que la Municipalidad tiene que darle una solución final. El Concejal 2º indica que ya se formó una comisión y para largo plazo se debe esperar que esté debidamente conformado, y el pide que sea una persona especializada porque el Ingeniero Chiquito es Ingeniero Agrónomo, pero el Ingeniero Ariel tiene especialidad en el tema, el planteo como eran las plataformas es especializado en la rama y confía y cree en el por lo tanto ten base a eso se pide que se le recontrate por medio tiempo o como sea, lo del arrendamiento de la maquinaria, si va a servir todo el año. La Concejal 3º indica que pide que se respeten los puntos pedidos en agenda

20074

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

y no se pueden generar bases de algo que no se ha definido como concejo Municipal, cree que como dice el Concejal 2º hay mucha información contradictoria él estuvo en la presentación del Ingeniero Ariel, sin embargo el día que se hizo la vista el habla que en octubre colapsa y lo ideal es que se cierre en junio o julio , si se contradice también con lo que dijo en la mesa, pero había un ingeniero anterior y eso es administrativo para ver si se pueda recontratar, pero la decisión de concejo como política municipal es cuánto tiempo más se le va a dar al vertedero no vanos a basar en la opinión del Ingeniero Chiquito que dice que hay que cerrarlo ya, nos vamos a basar en la opinión que externo verbalmente el Ingeniero Ariel, o nos basamos en lo que dijo en su presentación que dijo que más o menos año y medio de duración tomando esa decisión se ve contratación de maquinaria, el tema de AMSA, ver si se lleva la basura solo municipal o de recolectores, cuál va a ser la política de parte del concejo. El concejal 2º indica que amplía la propuesta que como punto uno es conseguir de AMSA el permiso para depositar la basura en ese lugar, segundo es la recontratación del Ingeniero Ariel, para tener una guía técnica y luego llevar el material de cobertura, ayer no mañana, ya es tarde, cada vez es peor necesitamos el material de cobertura que no se ha llevado, son tres medidas súper urgentes el día de hoy. El Licenciado Pamal indica que quiere plantear lo que indica el Arquitecto Asturias, la recontratación del Ingeniero Ariel Salazar a menos que el haya cambiado de idea en estos últimos días no se puede realizar porque él no le interesa ser cero once y quiere ser cero veintinueve y como es Jefe de Dependencia y se necesita tener responsabilidad ante la Contraloría y Medio a Ambiente y como 029 no tiene ninguna responsabilidad, y todos quieren ser jefes y ganar bien pero no son responsables de las actividades, y se puede únicamente contratar por 011 y por 029 no hay presupuesto. El concejal 2º indica que lo del Ingeniero es de orden administrativo y lo

que va a dar es una guía y dictámenes, más que todo técnico y que el Ingeniero Chiquito siga allí con la orientación del Ingeniero Ariel, lo que se necesita es un técnico que nos oriente. El Licenciado Pamal indica que al final como el que firma es el Ingeniero Chiquito va a firmar como se va hacer para que las opiniones del Ingeniero Ariel sean firmadas por el Ingeniero Chiquito si no las comparte y respeto su punto de vista, y eso es imposible aunque es de índole administrativo y él tiene una opinión y otra opinión, y si se respeta la opinión del Ingeniero Ariel que se haga responsable de sus opiniones. La Directora De Recursos Humanos indica que se tiene hecha la propuesta y ya hay una Ingeniera en temas ambientales y competencia en manejo de residuos y también un ingeniero Medio Ambiental, Magister, ya fue trasladada la convocatoria para que se pueda realizar la selección. El Ingeniero Chiquito indica que derivado a estas acciones el día de ayer le presentó su renuncia como gestor temporal del vertedero del Choconal y como técnico de supervisión de maquinaria del vertedero, para no dejar a medias el cargo de la maquinaria, se comprometió para poder entregarlo. El concejal 5º pregunta que en que renglón está contratado. Le indican que en 011. Pregunta si es personal de confianza. Se le indica que sí. El concejal 5º pregunta si esta sindicalizado. Se le indica que no. El Sindico 1º indica que ya está discutido el tema y que hay que tomar en cuenta las propuestas y que son temas administrativos y si se contrata profesionales para ver el tema que se involucre a UGAM y COMRED y el Ingeniero de Aguas, y cree que se debe hacer un buen equipo para trabajar y necesita trabajo a largo plazo, entonces piensa que se resuelva administrativamente. La concejal 3º indica que diciente de la postura del Sindico 1º y comenta que hay varios temas que deben ser sometidos a aprobación o improbación del Concejo Municipal tal y como el Concejal 2º hacia varios planteamientos y pedía que hiciera varios o cual va a ser la policita municipal y eso no le corresponde a la



Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20076



alcaldesa Municipal, en cuanto al momento en que se cierra el Choconal, la compra de maquinaria o el inicio de los procesos tampoco, es competencia exclusiva, porque se tiene que ver la situación presupuestaria y en materia ambiental no es la administración la responsable, si no es el Concejo Municipal en pleno, es el responsable de los vertederos, por lo tanto si la postura es dejarlo en el área administrativa, ella quiere dejar asentado en acta que no considera que sea administrativo porque hay decisiones en Concejo Administrativo que se deben de tomar y el día de hoy se está tomando una decisión y que si hoy no se toman decisiones de fondo que es lo que la Ley nos obliga, pues que su moción fue que se conociera y se votara para que no exista posterior responsabilidad. El Concejal 5º indica que quiere hacer referencia a la renuncia del Ingeniero Chiquito, de verdad le deja mucho que desear cuando al final en esta Municipalidad lo que se busca personas proactivas que quieran trabajar y no puede ser posible que la Municipalidad sopase consienta eso , alcahuetee porque no lo ve correcto y si es la persona que administra la finca y al final de un año han visto las deficiencias que tiene y es una instrucción directa y que venga y que presente una simple renuncia y pide que se someta a votación un voto de falta de confianza y una llamada de atención y el Choconal es un problema y como dice el Sindico 1º es administrativo, pero cuando vienen las denuncias y las multas no es administrativo, y aquí se ha manifestad la preocupación desde el año pasado y si no viene hay que buscar alguien interino comprometido con el medio ambiente y es fácil lavarse las manos. El concejal 2º indica que sobre la parte de políticas y administrativas quiere dar su opinión sobre las políticas una que se busque una persona especializada como lo hagan administrativamente no sabe, segundo punto que se vaya a votar la basura a AMSA con la guía del profesional ya eso que lo hagan administrativo y la tercera que lleven

el material de cobertura inmediatamente, no sabe en qué camión van usar, pero eso hay que hacerlo. El Ingeniero Chiquito indica que por alusión personal al concejal 5º solo quiere recordare que él ha sido una de las persona que más ha puesto gestión en la finca Florencia sabiendo que desde agosto del año pasado he estado apoyando en el vertedero realmente cuando llegan haya solo es a ver cosas negativas, y nada positivo eso no lo dan a conocer pues más vale que uno sea criticado por las cosas buenas o males que haga y no estar criticando por lo que uno no hace realmente lo que decía es que la Finca Florencia no se desarrolla, porque se ha pedido perfiles de personas que llegan a desarrollar la finca pero no tenemos. El concejal 5º pide que se llame al orden porque no se ve el tema de Finca Florencia. El Ingeniero Chiquito indica que es por alusión. La alcaldesa indica que el punto de agenda es otro y ya se dio la opinión. El Sindico 2º indica que ya se dijo que hay personas con experiencia en temas de medio ambiente derivado de la convocatoria entonces pide a la administración que se contrate inmediatamente, para que tal y como lo dice el concejal 2º se empiece a dar una atención lo antes posible y no nos compliquemos la vida con situaciones que no vale la pena, y como está la Directora de Recursos Humanos que se contrate inmediatamente, La Alcaldesa pide que no se repita cinco veces la misma cosa. El Síndico 2º indica que no está repitiendo. El sindico 1º indica que solo por aclarar la verdad es que no se evade la responsabilidad como miembro del concejo él está manifestando que el tema está bastante tratado y ya se manifestó que hay expedientes cuando se refirió es porque la contratación de las personas es de la administración, obviamente cuando se habla de otros instrumentos esta consiente, que la responsabilidad es del concejo y dejar claro, para no crean que se evade la responsabilidad y cuando se manifiesta que no es problema de este momento y lo que manifestó el concejal 2º tiene toda la razón hay un acuerdo de este concejo

donde se nombraba una Comisión y esta Comisión es la representante del Concejo para estar trabajando de manera conjunta con la misma administración no es necesario todo el concejo, el Concejo está representado en una Comisión que aquí mismo se eligió. El Concejal 4º peor lo que va entendiendo se va a tomar la opinión del Ingeniero Chiquito de no más basura, porque si es así se tiene que notificar a los recolectores y solo se recibe es la Municipal que luego se lleva para AMSA. La Alcaldesa indica que hay opiniones diversas y el tema de la contratación del sitio que tienen dos formas de verlo, una es su capacidad y otra es porcentualmente saber si llego a su límite, desde el punto de vista técnico del especio, de la hondonada, aquí la contratación es fundamental y el Ingeniero Chiquito se ofreció a culminar los procesos. El concejal 2º indica que se va a votar la basura a AMSA pero 15 días perfectamente soporta el Choconal pero se necesitan las medidas técnicas y la programación, segundo lo de AMSA como se va hacer, luego en dos semanas tener reuniones con los recolectores. El Licenciado Pamal indica que porque los plazos se atrasan si los miembros del Concejo están de acuerdo con que se compre el camión de volteo, la retroexcavadora, porque eso si es del concejo y el contrato lo aprueban ustedes y si se hace el trámite y luego no cuenta con los votos necesarios se cae el evento y no puede esperar porque son semanas perdidas y es un trámite de mes y medio. Se somete a votación A. Contratación de un profesional con base en el concurso. Votan a favor El Concejal 2º, sindico 1º, Sindico 2º y alcaldesa, votan en contra la Concejal 3º, concejal 4º y concejal 5º. La concejal 3º indica que vota en contra por ser trámite administrativo. Se Adhiere Concejal 5º. B. Se somete a votación la gestión de AMSA. Vota en contra únicamente el Concejal 5º. Quien razona su voto indicando que le preocupa la pérdida de tiempo derivado a que el vio una autorización que existe del 2017, de ese tema y quiere dejar sentado en acta que si hay que hacerlo pero que

debió dejarse el trabajo realizado la persona que se retiró. C. Material de cobertura. Votan en contra la concejal 3º, Concejal 4º y concejal 5º por ser un tema administrativo. D. Llamada de atención y voto de falta de confianza. Votan a favor Concejal 2º, Concejal 3º, Concejal 4º y concejal 5º. Votan en concreta el Sindico 1º, Sindico 2º y Alcaldesa, el Sindico 2º razona su voto en virtud que todas las llamadas de atención están antecedidas por un procedimiento sino se estaría violando el derecho de defensa y nosotros en todos caso se puede sugerir que la administración haga la llamada de atención, pero no venir y tomar la decisión por esa razón al no haber un procediendo establecido estaríamos violando un derecho. El Síndico 1º se adhiere por ser administrativo. Se Adhiere la Alcaldesa. E. Acuerdo relacionado con la compra de maquinaria, inicio de procedimiento. Votan a favor el Concejal 2º, Concejal 3º, Concejal 4º, Sindico 1º y sindico 2, Vota en contra el Concejal 5º y Alcaldesa. Razona su voto el Concejal 5º quien razona su voto y dice que no se presentó un dato técnico y no puede votar por la compra de activos municipales modificando partidas presupuestarias derivado a que no tenemos datos reales para tomar la decisión de que es lo más rentable para la comuna si la renta o compra, porque si la renta es más rentable se contradice un tema de compras y contrataciones. La alcaldesa se adhiere a ese razonamiento. El Licenciado Pamal indica que quiere que quede en acta que la dirección Financiera a través de su departamento de compras no se hace responsable derivado a que el Concejo Municipal no toma una decisión en cuanto a que línea seguir porque está seguro que después van a indicar que porque compras no inicio un proceso de compra de maquinarias o porque no arrendo y si ellos no toman la decisión, no se puede. La concejal 3º indica que la decisión si se está tomando porque aquí es por mayoría de votos que se toma la decisión. El Síndico 1º indica que se retome el orden porque estaba en el uso de la palabra el Síndico 2º que iba a

Municipalidad de
La Antigua Guatemala

20080

Libro de Actas Sesiones Ordinarias y Extraordinarias
Para uso del Concejo Municipal
Cuentadancia T3-3-1

razonar su voto. El Sindico 2º indica que razona su voto concurrente hablando del alquiler de la maquinaria entonces hoy cree que es urgente comprar la maquinaria, pero cuando ya no se utilice en el Choconal se traslada para otra área de trabajo y hay suficiente trabajo y no va a estar desperdiciada y es la línea de trabajo. El Concejal 2º indica que voto a favor porque cree que el equipamiento de la Municipalidad además que no lo tiene y lo que tiene son viejos y no funcionan cree que el rendimiento que se contrató no funciono por tanto tramite y tiempo perdido y el equipo que se compra es una adición que siempre va a ser necesario para la Municipalidad es una línea de acción que siempre va a servir y que se hagan las bases y la línea de acción es si a la compra del equipo. La Alcaldesa indica que agrega a lo dicho por el Concejal 5º que le falta información de que es más eficiente para una institución como esta si arrendarla o comprarla primero porque un camión de volteo es contrario a la política del transporte pesado de nuestras calles y si sería mejor un par de camiones de talla mediana y tiene sus dudas en el proceso de compra es un proceso largo la licitación y tiene bastante información que como pueda fallar el arrendamiento, también puede fallar la compra y es una situación compleja por eso su voto es concurrente, porque siempre es mejor alquilar. La concejal 3º indica que solo como aclaración de acuerdo a la Ley de la Contraloría General de cuantas es contrario al razonamiento de la señora alcaldesa con todo respeto puesto que si en varios periodos fiscales se está haciendo una contratación y ese monto supera el monto de los bienes la sanción es al revés, la sanción es por seguir arrendando maquinaria durante varios periodos en los cuales se pudo invertir un activo para la municipalidad en ese sentido si está de acuerdo a las normas de la Contraloría General de Cuentas. La Alcaldesa indica que como información quiere agregar no es el valor de los camiones contra el valor del arrendamiento, aquí no está incluido el arrendamiento,

no está incluido el valor del mantenimiento y el personal, la capacitación, el tema de los repuestos, no se ha conocido una integración, solo se está conociendo el valor de camiones y eso no es así, personalmente no tiene los datos y ella se ha llevado sorpresas y ella no conoce esa propuesta. El Director Financiero indica que sin ánimo de entrar en polémicas les pide de favor que le expliquen cómo le van hacer en este asunto, porque si no está mal la votación quedo en que se compre la maquinaria, caemos a lo mismo que se pasa, que lo firme el Ingeniero Mario Chiquito y lo viera Ariel Salazar, la que primera tiene que firmar para que se inicie el proceso de cotización es la Alcaldesa de acuerdo a la Ley de Contrataciones y si la Señora alcaldesa por todo el derecho del mundo vota en contra de la adquisición de la maquinaria no puedo hacerla firmar porque el concejo acordó para que se compre la maquinaria forzar la mano para que firme, entonces esas cosas se acuerdan en Concejo pero no sabe cómo lo van hacer. La alcaldesa indica que por el monto piensa que rebasa la cotización, se tiene algún monto. El director financiero indica que por la plática y esta de testigo el profesor Orlando, en la plática mando a Guatemala a buscar cotizaciones preliminares y se las mostro a Julio Roldan, una retroexcavadora, que sería un evento por aparte sería 600 mil y otra 700 mil o sea es régimen de cotización, y lo aprueba Alcaldía y el contrato lo aprueba el Concejo y un camión de volteo oscila no está seguro en 600 mil que sería otro proceso, dos procesos. El concejal2º indica que lo que decida el Concejo la señora Alcaldesa lo tiene que respetar está en el artículo 54 por lo tanto no es discutible, porque lo que decide el concejo se tiene que cumplir. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA. ACUERDAN: I)** Contratación de un profesional con base en el concurso. **II) APROBAR**, se realicen las acciones pertinentes con AMSA, **III) APROBAR** que se realice el trámite para llevar el Material de cobertura al Choconal lo

antes posible. **IV)** APROBAR una llamada de atención y voto de falta de confianza, al Ingeniero Chiquito. **V) APROBAR** se inicie el proceso de compra de una retroexcavadora y un camión de volteo para la Municipalidad de la Antigua Guatemala. **VI)** Certifíquese. **CUARTO: Lectura y aprobación del acta número 45-2017 de Sesión Ordinaria.** El Secretario Municipal da lectura al acta relacionada, la cual luego de las observaciones, **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA. ACUERDAN: I) APROBAR** el contenido del acta número 45-2017. El concejal II, se abstiene de aprobar el acta por no haber estado en la sesión **II)** Certifíquese. **QUINTO: Conocimiento y resolución del aporte otorgado por la Cooperación Española.** El secretario Municipal indica que dará lectura únicamente al por tanto del Acuerdo que será sometido a votación. ***"POR TANTO*** *Con fundamento en lo considerado y lo que para el efecto establecen los artículos 154, 155, 156, 232, 237 y 238 de la constitución Política de la República de Guatemala; 101, 133 y 134 del Código Municipal; 5 literal e) y 38 de la Ley Protectora de la Ciudad de la Antigua Guatemala; 2, 4 y 18 de la Ley del organismo Judicial; numerales 4, 19, 4.20 y 7.6 de la Normativa General de Control Interno Gubernamental. ACUERDA: I) Instruir a la Alcaldesa Municipal, para que de inmediato realice los trámites correspondientes a efecto de devolver la subvención otorgada por la Cooperación Española. II) autorizar a la alcaldesa Municipal, para que en nombre del Concejo Municipal, elabore una dispensa a la Cooperación Española, de acuerdo a lo aquí considerado. III) Comuníquese",* Indica la alcaldesa que esa es la propuesta del Departamento Jurídico y se somete a votación. **LOS MIEMBROS DEL CONCEJO MUNICIPAL DE LA ANTIGUA GUATEMALA. ACUERDAN: I) APROBAR** el contenido del proyecto de Acuerdo Municipal presentado para el tema de retorno de la

ANEXO O

ESTUDIOS PRELIMINARES

Municipalidad

MEMORIA TECNICA
Y DESCRIPTIVA
SISTEMA DE BOMBEO Y RECIRCULACION DE LIXIVIADOS

PROYECTO

"VERTEDERO CONTROLADO" EL CHOCONAL.

MUNICIPALIDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ.

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015.

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

276

Municipalidad

2. ANTECEDENTES

El proyecto de disposición final de desechos sólidos municipales denominado "Vertedero Controlado El Choconal", consiste en un proyecto controlado de confinamiento de desechos sólidos por medio de la técnica de relleno tipo área, dicho proyecto empezó a funcionar desde el año 2000 en el lugar denominado como El Choconal, ubicado dentro de la Finca Florencia, ubicada en jurisdicción del Municipio de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez. En el área actual donde se construye el vertedero controlado se estima que se cuenta con una vida útil de 3 años, hasta el 2018, situación por la cual se proyecta la ampliación del vertedero hacia el lado sur de la plataforma actual en construcción, donde se espera poder ampliar por 10 años más la vida útil del vertedero a partir del año 2018.

El proyecto denominado "Vertedero Controlado El Choconal" se ubica en la finca rustica, consistente en terreno localizado en el Municipio de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez, dicha finca es propiedad de la Municipalidad de la Antigua Guatemala, la construcción y operación del proyecto es administrada por la Municipalidad en mención.

La memoria descriptiva que se detalla a continuación consiste en diseño del sistema de bombeo de los lixiviados, que se generan por la percolación del agua de lluvia a través de las celdas de desechos sólidos conformadas y por la percolación de la lluvia por los desechos en las áreas de las plataformas que se encuentran en construcción mientras se desarrolla el proceso de conformación y consolidación de las celdas de desechos sólidos municipales, el diseño está proyectado para el sistema de bombeo y recirculación de lixiviados en la laguna anaerobia que será capaz de dar manejo a los residuos líquidos que se generan tanto en el área de construcción actual, como al área en la que se proyecta la ampliación del vertedero controlado.

ING. SERGIO IVAN
CACAJOJ IXQUIAC

Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

277

Municipalidad

5. COBERTURA DEL SERVICIO

El proyecto de dimensionamiento del equipo de bombeo de recirculación de lixiviados, bombeara el caudal de lixiviados generados en las celdas y plataformas de conformación de desechos sólidos, de donde serán conducidos hacia la laguna de almacenamiento, previo a su recirculacion hacia la zona del proyecto en construcción donde se utilicen, debido a que el caudal que se requiere no es considerable tanto en cantidad, como en la disponibilidad a la altura requerida según el avance del proyecto el equipo de bombeo se proyectó para cubrir hasta una altura de 16 metros de altura máxima, aportando un caudal promedio de 1.5 litros/s, de ser requerido el reusó a una altura mayor que esta será necesario el uso de una pipa de agua para el traslado del caudal de lixiviados para reusó desde la laguna de almacenamiento hasta el punto donde se requiera.

6. TIPO DE CAUDAL A BOMBEAR

De acuerdo a las características del proyecto, debido a que el caudal generado proviene de la percolación del agua de lluvia por las celdas de desechos sólidos conformados, se proyecta que la calidad del caudal a generar será de características similares a la del agua residual de origen doméstico con poca presencia de sólidos, por lo que después de pasar por la unidad de depuración y almacenamiento de lixiviados, será un caudal de mejores características físicas, sin embargo se contempla que puede llevar cierta cantidad de sólidos, aspecto que es importante para la determinación del equipo de bombeo.

7. SISTEMA DE BOMBEO PROYECTADO

Para el sistema de bombeo proyectado se estimó la generación de un caudal de lixiviados máximo a bombear según será requerido de 1.5 litros por segundo, tomando en cuenta la altura a la que se requiere recircular los lixiviados, las arranques del equipo de bombeo, así como el caudal requerido para las actividades del proyecto.

ING. SERGIO IVAN
PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7432

César A. Masselli V.
Ingeniero Agronomo
Col. 4739

Municipalidad

Por efectos practicos en la construcción la fosa de bombeo donde se instalara el equipo de recirculacion de los lixiviados podrá ser un tanque fabricado de HDPE, 100% virgen de una sola pieza, resistente a sustancias altamente corrosivas y densas, por lo que no se oxida ni se corroe, por lo que no requiere mantenimiento, el volumen del mismo será no menor de 5,000 litros (Tanque Rotoplast). Este mismo tipo de tanque podrá ser utilizado como una unidad de rebombeo de donde se podrá llevar el agua a una altura mayor de 16 metros según sea requerido, por medio de la utilización de un equipo de bombeo de menor capacidad.

8. LINEA DE IMPULSION

La linea de impulsión que llevara el caudal de lixiviados de la fosa de bombeo y/o el tanque rotoplast hacia el área de construcción y operación del vertedero controlado donde se requiera el caudal para reusó, será una manguera flexible de un diámetro de entre 2" y 3" la cual podrá ser fácilmente reducida o ampliada en su longitud por medio de acoples, dentro de la estructura de la fosa de bombeo se recomienda que la misma sea de HG recubierta con una capa de protección epóxica, debido a que en este punto se requiere de una tubería con mayor rigidez para la interconexión con el equipo de bombeo.

9. EQUIPO DE BOMBEO

El equipo de bombeo que impulsara el caudal de lixiviados de la caja bombeo ubicada en la laguna de lixiviados, fue calculado en función de las características del sistema, tomando en cuenta: la demanda de caudal para reusó y la carga dinámica total a vencer.

Para la instalación del equipo de bombeo y recirculación de lixiviados por aspectos de operación y mantenimiento se contempiara la instalación de una bomba sumergibles para lodos que podrán operar esporádicamente durante el día según sea requerida.

ING. SERGIO IVAN
PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

Municipalidad

11. SISTEMA DE GUARDANIVELES, ACCESORIOS DE CONTROL Y PROTECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO DE LIXIVIADOS

Debido a que la caja de bombeo de caudal de aguas residuales está diseñada para almacenar poco más de 1.00 m³ de lixiviados y bombear dicho caudal generado durante un día de operación del vertedero, hasta durante seis (6) arranques del equipo de bombeo, será necesario contemplar la instalación de guarda niveles para garantizar la automatización del equipo de bombeo a instalar los cuales se graduaran de tal forma que cuando el guarda nivel de la bomba alcance el nivel de la tubería de entrada, automáticamente se accionara la unidad de bombeo, haciendo que funcione una y/o las dos bombas instaladas de forma alterna, o bien al dañarse una se active la unidad de bombeo de reserva, esto en el caso que se instalen dos equipos de bombeo.

De instalarse un solo equipo de bombeo el sistema de guarda niveles por medio de electrodos se instalara de tal forma que cuando se alcance una altura máxima de almacenamiento equivalente a la altura de la tubería de ingreso de caudal el equipo se accione y empiece a operar, así también al momento de que el flote del guarda nivel llegue al piso el equipo se apague automáticamente, esto con el propósito de evitar la acumulación de lodos, que se produzca una descomposición anaerobia de materia orgánica debido a su acumulación en el fondo, así como el rebalse y escurrimiento de los lixiviados fuera de la fosa de bombeo, de ser requerido la operación de las bombas podrá accionarse por medio de un swich manual que permita encender y apagar la bomba según será requerido.

De arruinarse el equipo de bombeo y recirculación de lixiviados, se deberá contar dentro del equipo de operación y mantenimiento del sistema con una bomba de achique de aguas residuales, con capacidad de bombear solidos de hasta 2" para poder en determinado momento evacuar los lixiviados almacenadas en dicha fosa de almacenamiento hacia la laguna de lixiviados, para su operación normal después de algún imprevisto que se haya suscitado.

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

280

Municipalidad

Al considerar la utilización de una bomba para solidos tipo SCC9 marca SEA-RITE de 2 HP, se estima que dicho equipo podrá bombear en promedio un caudal de 25 gpm (1.50 l/s) a una carga dinámica total no mayor de 16 metros, por lo que podría operar durante tres ciclos de bombeo de 15 minutos cada uno o por uno diario de 45 minutos.

Por aspectos de operación y mantenimiento, se contempla un bombeo de caudal de lixiviados igual o mayor de 10,000 litros/día, es decir un promedio de entre 3 a 6 arranques por día y su operación sería por un promedio de 20 minutos por arranque, o un total de uso de dos horas por día, lo cual se considera suficiente para la conformación y mantenimiento de la celda diaria.

DIMENCIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y CAJA DE BOMBEO DE LIXIVIADOS

El procedimiento del cálculo de las dimensiones de la caja de bombeo de lixiviados se deta la a continuación:

Se determinó que el volumen de lixiviados que se podrá reusar para su conducción por medio de la manguera flexible hacia las actividades de construcción y operación, desde la laguna de lixiviados en promedio podrá ser de entre 5.00 y 10.00 m³/día.

Volumen del Tanque de Rebombeo de Lixiviados

Si se implementara la instalación de un tanque de rebombeo y almacenamiento de lixiviados para poder proyectar a una mayor altura el reusó de los lixiviados dentro de las actividades de construcción y operación del proyecto, el volumen del tanque de almacenamiento y rebombeo de lixiviados a instalar deberá ser de un volumen no menor de 5.00 m³, con las siguientes dimensiones: 1.77 metros de altura x 2.20 metros de diámetro, dicho volumen se determinó de la siguiente forma:

Vt = 100% x Caudal de día medio de uso de lixiviados
Vt = 100% x 5.00 m³

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7432

Municipalidad

Volumen Útil del Tanque de Bombeo y de Rebombeo de Lixiviados

El volumen útil de retención del tanque de bombeo y almacenamiento para reombeo de lixiviados no deberá ser menor a 5.00 m³ (1.40 metros de altura efectiva x 2.20 metros de diámetro) considerando dicho volumen de almacenamiento como el mínimo requerido.

Estimación Teórica del Caudal de Bombeo de Lixiviados (QbL)

De acuerdo a la curva teórica de caudal del equipo de bombeo propuesto (STA-RITE SCC9), se estima que la misma puede bombear un caudal aproximado de 25 gpm (1.50 l/s) a una carga dinámica total no mayor de 16.00 metros.

Chequeo Volumen Útil de la Fosa y/o Caja de Bombeo de Lixiviados Ubicada en la Laguna de Lixiviados

El volumen mínimo del pozo de bombeo lo calcularemos de acuerdo a la siguiente formula:

$V = 0.9 \times Q / z$

Donde:

V = Volumen del pozo de succión (m^3).
Q = Caudal de bombeo máximo en (l/s).
Z = Numero de arranques

$V = 0.9 \times 3.15$ l/s / 3 =

$V = 0.945\ m^3 = 1.00\ m^3$

El volumen cumple ya que la fosa de almacenamiento de caudal donde se instalara el equipo de bombeo contara con un volumen en el fondo de la caja de bombeo mayor al volumen mínimo requerido.

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

282

Municipalidad

Chequeo de la Superficie Mínima de la Caja de Bombeo de Lixiviados

La superficie mínima de la caja de bombeo la calcularemos de acuerdo a la siguiente formula:

S min = V min / Ht
Donde:

S min = Superficie mínima del pozo en (m^2).
V min = Volumen mínimo del pozo en (m^3).
Ht = Altura de almacenamiento de agua residuales (m).

Se adopta una altura mínima entre parada y arranque de seguridad de entre 0.05 y 0.80 metros.

S min = 1.00 m^3 / 0.80 m =
S min = 1.25 m^2

Para efectos de facilitar el mantenimiento periódico del equipo de bombeo, así como del recubrimiento epóxido se propone que el área de la caja de bombeo será de 1.25 metros de ancho x 1.25 metros de largo, ambas medidas asumidas a rostros interiores, lo que hace un área de 1.56 m^2.

PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE BOMBEO DE LIXIVIADOS

El procedimiento del cálculo del pre-dimensionamiento del equipo de bombeo se detalla a continuación:

Estimación Preliminar del Equipo de Bombeo de Lixiviados

Para realizar una estimación preliminar del equipo de bombeo tomaremos el caudal promedio máximo de 3.15 litros/segundo, asumiendo que se desea utilizar el sistema de reusó de lixiviados, durante un tiempo promedio de 20 minutos entre arranques o hasta 120 minutos continuos, considerando de 3 a 6 arranques diarios del equipo de bombeo, obteniendo una potencia estimada de la bomba tal y como se detalla a continuación:

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

César A. Masselli A.
Ingeniero Agrónomo
Col. 4736

Municipalidad

LONGITUD EQUIVALENTE POR ACCESORIOS DE LA LINEA DE IMPULSION DE LIXIVIADOS PARA TUBERIA HG ϕ = 3"

Para el cálculo del tramo de la línea de impulsión se consideraron todos los accesorios utilizados, cada uno son su respectivo diámetro propuesto, tal y como se indica a continuación:

CONEXIONES Y/O ACCESORIOS	L/D POR CONEXIONES Y/O ACCESORIOS	DIAMETRO INTERNO DE ACCESORIOS ϕ = 3" EN METROS	CANTIDAD DE ACCESORIOS DE ϕ = 3"	LONTITUD EQUIVALENTE TOTAL EN METROS (M)
Válvula de Retención Horizontal (Check)	100	0.085	1	8.50
Codos Estándar a 90°	30	0.085	2	5.10
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL DE TUBERIA (METROS)				13.60

TABLA II. CALCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA HG POR ACCESORIOS ϕ = 3".

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

Municipalidad

TOTAL DE LONGITUD TUBERIA HG ϕ = 3" 15.17 metros.
TOTAL DE LONGITUD TUBERIA PVC ϕ = 3" 129.06 metros.

PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION EN LA TUBERIA Y MANGUERA DE LA LINEA DE IMPULSION DE LIXIVIADOS

Las pérdidas de carga por fricción en la tubería no son más que las pérdidas que ocurren en la tubería incluyendo los accesorios que conforman la red de impulsión incluidas por medio de una longitud equivalente.

En base a lo anterior las pérdidas de carga fueron calculadas para cada tipo de tubería en función del diámetro de la misma.

Perdida de Carga por Fricción Tubería de Impulsión HG ϕ = 3"

La fórmula para calcular la perdida de carga que se utilizó para la tubería HG de diámetro de ϕ = 3", fue la fórmula de Hazen Williams, ya que permite su uso con tuberías de diámetros no menores de 50 milímetros.

$$HFt = \frac{10.7}{C^{1.852} \times D^{4.87}} \times Q^{1.852} \times L$$

Dónde:

Q = Caudal en M³/segundo
D = Diámetro interno (m)
L = Longitud de tubería (m)
HFt = Perdida de Carga (metros)
C = Coeficiente de tubería de HG = 125

Q = 0.00315 M³/segundo
D = 0.0737 (m)
L = 15.17 (m)
HFt = Perdida de Carga (metros)
C = Coeficiente de tubería de HG = 125

ING. SERGIO IVA PACAJOJ IXQUIA Colegiado No. 743

Ingeniero Agrónomo Col. 4739

Municipalidad

PERDIDAS DE CARGA POR VELOCIDAD EN LA TUBERIA Y MANGUERA DE IMPULSION DE LIXIVIADOS

Las pérdidas de carga por velocidad no son más que las pérdidas que ocurren en la tubería incluyendo los accesorios que conforman la red de distribución debido a la fricción del flujo en las paredes de la tubería.

En base a lo anterior las pérdidas de carga por velocidad fueron calculadas para cada tipo de tubería en función del diámetro de la misma.

Perdida de Carga por Velocidad Tubería HG ϕ = 3"

La pérdida de carga de la tubería Hg de diámetro de ϕ = 3", se determinó así y como se detalla a continuación:

$$Hfv = \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

V = Velocidad (m/s)
G = Gravedad (m/s²)

$$V = \frac{4\,Q}{\Pi D^2}$$

Dónde:

Q = Caudal en (m³/s)
Π = 3.1415
D = Diámetro (metros)
V = Velocidad (m/s)

$$V = \frac{4 \times 0.00315}{3.1416 \times 0.005431}$$

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7432

286

Municipalidad

Las velocidades en la línea de succión e impulsión se encuentran dentro del rango entre 0.30 y 0.90 metros/segundo, de acuerdo a lo que establece la norma técnica.

DETERMINACION DE LA CARGA DINAMICA TOTAL DE LA LINEA DE IMPULSION DE LIXIVIADOS HASTA LA DESCARGA PROYECTADA

La carga dinámica total es la sumatoria de la altura del punto más alto dentro de la red de distribución, las perdidas por fricción de la tubería, las perdidas por accesorios, las perdidas localizadas y las perdidas por velocidad, cuyo valor se integra continuación por medio de la siguiente formula:

CDT=Hpuntomasalto+Hftuberia+Hfacce.+Hflocalizadas+HfVelocidad
CDT = 16 m + 0.187 m + 0.096 m = 16.28 x FS (10%) = 17.91 metros
CDT = 58.74'

Tomando en cuenta una presión de operación de la línea de impulsión de 5 PSI en promedio la red equivale a una altura a vencer de 11.55', cuyo valor le agregamos al valor obtenido de la CDT para determinar la potencia requerida de la bomba sumergible de lodos:

CDT = 58.74' + 11.55' =
CDT = 70.29' = 21.43 metros

POTENCIA REQUERIDA DE LA BOMBA SUMERGIBLE DE RECIRCULACION DE LIXIVIADOS

La potencia requerida de la bomba sumergible de lodos se calculó de la siguiente forma, tal y como se muestra a continuación:

$$HP = \frac{Q\ (Litros/segundo) \times H\ (metros)}{76 \times n}$$

Dónde:
HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.
Q = Caudal en litros por segundo que la bomba debe impulsar.

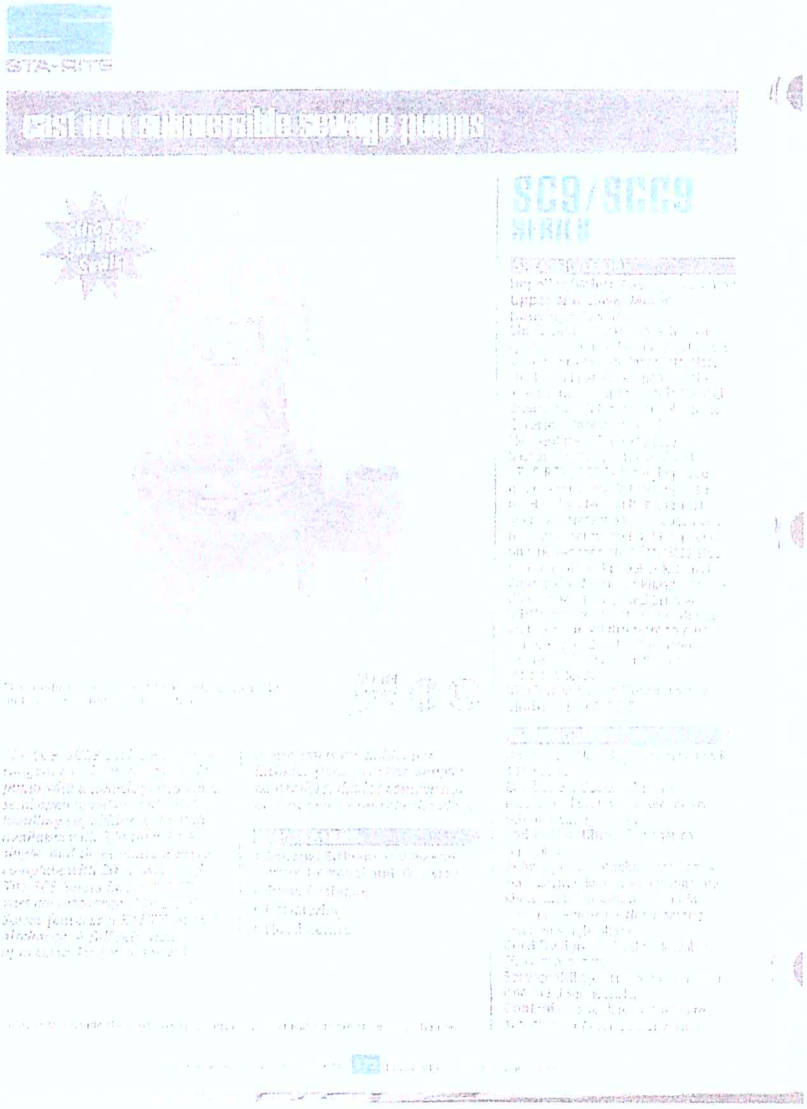
ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7432

César A. Masselli
Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

Municipalidad

15. ANEXOS

A continuación se presentan los anexos de la memoria de calculo en mención


STA-RITE

SC9/SCC9

SERIES

HOJA TECNICA EQUIPO DE BOMBEO. Especificaciones bomba SCC9 STA-RITE de 2.00 Hp.

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC Colegiado No. 7433

Municipalidad

16. BIBLIOGRAFIA

- Manual para las Instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro. Comisión Nacional de Aguas. Estado de Querétaro, México.

- Evaluación de la Eficiencia Electromecánica del Sistema de Bombeo de Agua Residual Estación 4. Tesina. Jesús Silvano Tezeta. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

- Hidráulica General. Sotelo, G. Limusa. México. 1998.

- Selección de Bombas y Tuberías para Uso Agrícola. Pérez Franco, D. Curso de Actualización. Montevideo. Noviembre. 1998.

- Guía para la Selección de Equipos de Bombeo para Sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento para el Medio Rural. Organización Panamericana de la Salud. Lima. 2007.

- Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios. 4ª. Edición. Héctor Collazos Peñaloza. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

ING. SERGIO IVAN
PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

César A. Estrada
Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

Municipalidad

HOJAS DE CALCULO DE PROYECCION DE DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS Y GENERACION DE LIXIVIADOS AREA DE CONSTRUCCION ACTUAL VERTEDERO

PROYECTO

"VERTEDERO CONTROLADO"
EL CHOCONAL.

MUNICIPALIDAD
DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ.

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015.

César A. Masella
Ingeniero Agrónomo
Col. 4758

ING. SERGIO IVAN
PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

CALCULO DE VOLUMENES Y AREA REQUERIDA PARA LA CONSTRUCCION DEL VERTEDERO CONTROLADO TIPO AREA EL CHOCONAL

DATOS DE DISEÑO VERTEDERO CONTROLADO MECANIZADO EL CHOCONAL

Institucion: Municipalidad de la Antigua Guatemala

Fecha : Diciembre de 2015

Población urbana total (Casco urbano y aldeas)	45,921	hab
Producción por persona por día (Casco Urbano y aldeas)	0.49	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional (Casco Urbano y aldeas)	1.27	%
Factor de material cobertura	1.25	(1.2 a 1.3)
Factor de area adicional (zona de retiro y accesos)	2	(1 a 2)
Densicad de desechos compactados en el relleno	0.6	ton/m³
Densicad de desechos estabilizados en el relleno	0.8	ton/m³
Tasa de crecimiento produccion de desecho hab/dia/año	2	%
Altura Promedio de las terrazas (altura de celda de 3 m)	23	m

AÑO	Proyeccion Años	POBLACION (habitante)	ppc kg/hab/dia	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS					AREA REQUERIDA	
							Compactados		Estabilizados por año (m³)	Rellenos		Area a rellenar (m²)	Area total del relleno (mz)
				Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Diario (m³)	Anual (m³)		(Ds + MC) Anual (m³)	Acumulado (m³)		
1	2001	45,921	0.4900	22,501	8,213	8,213	37.5	13,688	10,266	12 833	12,833	558	0.1597
2	2002	46,505	0.4998	23,243	8,484	16,697	38.7	14,139	10,605	13 256	26,089	1,134	0.3246
3	2003	47,096	0.5098	24,009	8,763	25,460	40.0	14,606	10,954	13 693	39,781	1,730	0.4949
4	2004	47,694	0.5200	24,801	9,052	34,512	41.3	15,087	11,315	14 144	53,925	2,345	0.6709
5	2005	48,300	0.5304	25,618	9,351	43,863	42.7	15,584	11,688	14 610	68,536	2,980	0.8527
6	2006	48,914	0.5410	26,462	9,659	53,522	44.1	16,096	12,073	15 092	83,627	3,636	1.0405
7	2007	49,536	0.5518	27,335	9,977	63,499	45.6	16,629	12,471	15 589	99,217	4,314	1.2344
8	2008	50,165	0.5629	28,236	10,306	73,805	47.1	17,177	12,883	16 103	115,320	5,014	1.4348
9	2009	50,803	0.5741	29,166	10,646	84,451	48.6	17,743	13,307	16 634	131,954	5,737	1.6417
10	2010	51,448	0.5856	30,123	10,997	95,447	50.2	18,328	13,746	17 182	149,136	6,484	1.8555
11	2011	52,102	0.5973	31,121	11,359	106,806	51.9	18,932	14,199	17 749	166,885	7,256	2.0763
12	2012	52,764	0.6093	32,147	11,734	118,540	53.6	19,556	14,667	18 334	185,219	8,053	2.3044
13	2013	53,435	0.6214	33,206	12,120	130,660	55.3	20,201	15,150	18 938	204,157	8,876	2.5401
14	2014	54,114	0.6339	34,301	12,520	143,180	57.2	20,866	15,650	19 562	223,719	9,727	2.7835
15	2015	54,801	0.6465	35,432	12,933	156,113	59.1	21,554	16,166	20 207	243,926	10,605	3.0349
16	2016	55,498	0.6595	36,599	13,359	169,471	61.0	22,265	16,699	20 873	264,799	11,513	3.2946
17	2017	56,203	0.6727	37,805	13,799	183,271	63.0	22,999	17,249	21 561	286,360	12,450	3.5628
18	2018	56,917	0.6861	39,052	14,254	197,525	65.1	23,757	17,818	22 272	308,632	13,419	3.8399
19	2019	57,641	0.6998	40,339	14,724	212,248	67.2	24,540	18,405	23 006	331,638	14,419	4.1262
20	2020	58,373	0.7138	41,669	15,209	227,458	69.4	25,349	19,011	23 764	355,402	15,452	4.4218

Calculo realizado por: Municipalidad de la Antigua Guatemala

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ XOQUIAC
Colegiado No. 7433

Ingeniero Agrón
Col. 4739

ANALISIS PARAMETROS METEOROLOGICOS PROYECTO VERTEDERO CONTROLADO EL CHOCONAL

Proyecto:	Vertedero Controlado El Choconal, Antigua Guatemala, Sacatepequez.						
Pais:	Guatemala		Latitud:	14.55	°N	Estacion:	Metodo Prec. Efectiva
Altitud:	1979	m	Longitud:	90.66	°W	FLORENCIA	Metodo USDA S.C.

MES	No. de Dias	TEMPERATURA MINIMA	TEMPERATURA MAXIMA	HUMEDAD	VIENTO	INSOLACION	RADIACION	ET_o	ET_o	PRECIPITACION MENSUAL	PRECIPITACION EFECTIVA
	Dia	°C	°C	%	Km/dia	Horas	MJ/m²/dia	mm/dia	mm	mm	mm
Enero	31	9.9	20.5	67	354	7.7	17.7	3.65	113.2	2.0	2.0
Febrero	28	10.7	21.8	68	328	7.8	19.3	3.94	110.3	4.0	4.0
Marzo	31	11.9	23.3	67	311	8.2	21.4	4.46	138.3	4.0	4.0
Abril	30	13	24.6	66	285	8.6	22.7	4.86	145.8	30.0	28.6
Mayo	31	13.5	22.6	69	233	8.5	22.4	4.46	138.3	117.0	95.1
Junio	30	13.6	21	77	216	7.5	20.7	3.82	114.6	248.0	149.6
Julio	31	13.1	21.1	81	259	6.8	19.7	3.57	110.7	204.0	137.4
Agoso	31	13	21.8	79	242	7	20.1	3.73	115.6	169.0	123.3
Septiembre	30	13.2	21.1	84	190	6.1	18.3	3.26	97.8	228.0	144.8
Octubre	31	12.8	20.7	82	259	6.2	17.3	3.11	96.4	143.0	110.3
Noviembre	30	11.6	20.6	75	337	7	16.9	3.29	98.7	24.0	23.1
Diciembre	31	10.7	20.4	68	354	7.5	16.9	3.52	109.1	9.0	8.3
Promedio		12.3	21.6	74	281	7.4	19.5	3.81	1388.7	1182.0	831.1
								Promedio	115.7	98.5	
								Diferencia Balance Hidrico	17.2		

ING. SERGIO IVAN PACAJOJ IXQUIAC
Colegiado No. 7433

Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

Elaborado por: Municipalidad de la Antigua Guatemala.

254

CALCULO DE CAUDAL DE LIXIVIADOS GENERADOS POR PERCOLACION EN EL AREA DEL PROYECTO VERTEDERO CONTROLADO EL CHOCONAL

Proyecto:	"Vertedero Controlado El Choconal"
Ubicacion:	Finca Florencia, Jurisdiccion de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepequez.
Fecha:	Noviembre del Ano 2015
Fuente:	"Metodo Suizo" para la Estimacion de Caudal de Lixiviados Generados por Percolacion a travez de los Desechos "Guia para el Diseno, Construccion y Operacion de Rellenos Sanitarios Manuales" Jorge Jaramillo, Universidad de Antioquia, Colombia, Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria -CEPIS-
Elaboracion:	Municipalidad de la Antigua Guatemala.

Caudal de Lixiviados

Q = Caudal Medio de Lixiviado o Liquido Percolado (litros/segundo)	Q = 1 / t P A K F		
P = Precipitacion Media Annual (mm/ano)	Relleno Debilmente Compactado	K =	0.25
K = Coeficiente de Compactacion de Desechos	P.e. 0.40 a 0.70 T/m³		0.5
F = Factor para Conductos de Ixiviados	Segundos en un Ano (seg/ano)	31536000	seg/ano
A = Area superficial de Relleno (m²)	Relleno Fuertemente Compactado	K =	0.15
t = Numero de Segundos en el Ano	P.e. mayor a 0.70 T/m³		0.25
(t) = Numero de Segundos en un Dia	Segundos en un Dia (seg/dia)	86400	seg/dia

TRAMO Y/O SECTOR			AREA DE DISPOSICION FINAL	AREAS TRIBUTARIAS	FACTOR K	AREA TRIBUTARIA (m²)	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm/ano)	CAUDAL DE LIXIVIADO (litros/seg)	CAUDAL DE LIXIVIADO (m³/dia)	Caudal Acumulado (m³/dia)
No.	PI	PF								
CAUDAL GENERADO EN AREAS COMPLEMENTARIAS POR INTENSIDAD DE LLUVIA										
1	1.1	1.2	Laguna de Lixiviados	Area de Vertedero Controlado	0.5	13,400	1000	0.21	18.36	18.36

Periodo de Retencion Hidraulica en Lagunas en un Rango de 5 dias: 91.78

ING. SERGIO IVAN PACHECO QUIAC
Colegiado No. 7435

César A. Massella S.
Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

CALCULO DE CAUDAL DE LIXIVIADOS EN AREA LAGUNA ANAEROBIA INTENSIDAD DE LLUVIA MAXIMA VERTEDERO CONTROLADO EL CHOCONAL

Proyecto: "Vertedero Controlado El Choconal"
Ubicacion: Finca Florencia, Jurisdiccion de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepequez.
Fecha: Noviembre del Año 2015.
Elaboracion: Municipalidad de la Antigua Guatemala.

Caudal de Lixiviados

TRAMO Y/O SECTOR			AREA DE DISPOSICION FINAL	AREAS TRIBUTARIAS	FACTOR DE INCREMENTO	AREA TRIBUTARIA (m^2)	INTENSIDAD DE LLUVIA PICO (mm/dia)	CAUDAL DE LIXIVIADO (litros/dia)	CAUDAL DE LIXIVIADO (m^3/dia)	Caudal Acumulado (m^3/dia)
No.	PI	PF								
CAUDAL GENERADO EN AREA DE LAGUNA ANAEROBIA DE LIXIVIADOS POR INTENSIDAD DE LLUVIA MAXIMA										
1	2.1	2.2	Laguna de Lixiviados	Area Vertedero Controlado	1	13,400		0.21	18.36	18.36
2	3.1	3.2	Laguna de Lixiviados	Laguna Anaerobia	1	60	250	15000.00	15.00	33.36

Periodo de Retencion Hidraulica Critico en Laguna anaerobia de 4.5 dias durante un Evento Extremo de lluvia: 150.10

ING. SERGIO ALEJANDRO PACAJOJ IXCOY
Colegiado No. 7433

Ingeniero Agrónomo
Col. 4739

ANEXO P

FICHAS TÉCNICAS

Cobertura de suelo en la bajada de Las Cañas			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Antigua Guatemala		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	746990 , 1611917		
Carretera o camino	Santa Lucía Milpas Altas a La Antigua Guatemala		
Pendiente	30%		
Cobertura de suelo	Cobertura forestal		
Características del sitio	Abundante vegetación y clima fresco	Imagen	
Observaciones adicionales	Terreno muy inclinado por la bajada y algunos vehículos tienden a tener porblemas en el sistemas de frenos. Usar motor para compresionar		

Cobertura de suelo en Río Pensativo			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Antigua Guatemala		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744879 , 1610176		
Carretera o camino	La Antigua Guatemala a San Juan Del Obispo		
Pendiente	4%		
Cobertura de suelo	Cobertura urbanización		
Características del sitio	Canalización del Río Pensativo	Imagen	
Observaciones adicionales	En época lluviosa, el Río Pensativo se desborda debido a la poca pendiente e incremento de la sección transversal para transportar mayor caudal. El río tiende a acortarse después de La Antigua Guatemala, afectando puentes de menor tamaño.		

Cobertura de suelo en La Antigua Guatemala			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Antigua Guatemala		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	744287 , 1610740		
Carretera o camino	Ruta para La Antigua Guatemala		
Pendiente	5-9%		
Cobertura de suelo	Cobertura urbanización		
Características del sitio	Ciudad Colonial, Valle de Panchoy	Imagen	
Observaciones adicionales	La Antigua Guatemala es un lugar con clima similar al de la Ciudad de Guatemala, donde por el Este pasa el Río Pensativo y en el Oeste el Río Guacalate. La foto fue tomada desde el Cerro de la Cruz		

Cobertura de suelo San Cristóbal El Alto			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Antigua Guatemala		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	745547 , 1608033		
Carretera o camino	La Antigua Guatemala a San Juan Del Obispo		
Pendiente	20-30%		
Cobertura de suelo	Cobertura cultivo		
Características del sitio	La montaña donde se sitúa San Cristóbal El Alto se utiliza como agricultura, en este caso, maiz.	Imagen	
Observaciones adicionales	En este sitio, el cultivo recibe mayor parte del sol en horas de la tarde, donde se observa que la mayor parte de la superficie tiene actividad de agricultura.		

Cobertura de suelo cerca de Ciudad Vieja			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Ciudad Vieja		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	739244 , 1607179		
Carretera o camino	De Ciudad Vieja San Miguel Dueñas, Ruta Nacional 14		
Pendiente	15-20%		
Cobertura de suelo	Cobertura cultivo		
Características del sitio	La montaña tiene actividad de agricultura donde no se encuentra ningún arbol, teniendo menor absorción.	Imagen	
Observaciones adicionales	En este sitio, el clima suele ser caluroso en mediodía, pero al caer la tarde, ingresa humedad, dando al ambiente un poco de frescura.		

Cobertura de suelo cerca de La Antigua Guatemala			
Información general		Fecha	27/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	Ubicación mapa	
Municipio	Antigua Guatemala, Jocotenango y Pastores		
Ubicación (Coordenadas UTM Z15N)	742481 , 1611626		
Carretera o camino	Ruta Nacional 14		
Pendiente	2-5%		
Cobertura de suelo	Cobertura cultivo		
Características del sitio	Es una zona plana donde se concentra mucha vegetación de café, además donde pasa el Río Guacalate	Imagen	
Observaciones adicionales	La Ruta Nacional 14 es un camino que evita pasar por algunos poblados para conectar directamente con Chimaltenango. Hay mucha cobertura vegetal, y un clima caluroso.		

"Características del pozos de visita No. 1 situado en la calle de candelaria de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= no hay	Cis= 1.50 m	N/A	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No hay	
Material pozo	PVC	Concreto	Mampostería **X**		
Diámetro en metros	0.70			**Imagen**	
Características del sitio	La calle es de asfalto.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	La tapadera del pozo está en mal estado.				

"Características del pozos de visita No. 6 situado en la calle de candelaria de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= 2.75 m	Cis = 2.80 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El pozo tiene demásiadas cucarachas vivas adentro.	
Material pozo	PVC	Concreto	Mampostería **X**		
Diámetro en metros	0.65			**Imagen**	
Características del sitio	La carretera es de asfalto hay viviendas en los alrededores				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	El pozo es difícil de abrir, no se ha abierto en mucho tiempo.				

"Características del pozos de visita No. 9 situado en la calle de la candelaria y primera avenida norte de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= 1.90 m	Cis= 1.60 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No hay	
Material pozo	PVC	Concreto	Mampostería **X**		
Diámetro en metros	0.70			**Imagen**	
Características del sitio	La calle ya es de empedrado				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	Hay una conexión que no está resgistrada en el plano de la Municipalidad. Parece provenir de un pueblo más arriba de la montaña.				

"Características del pozos de visita No. 12B situado en la 1ra calle orinete y 1ra avenida norte de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= no hay	Cis= 1.10 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			Existe mucho lodo en el pozo.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.60			**Imagen**	
Características del sitio	Mucho tránsito al rededor del pozo, dificil de abrir. La calle está empedrada.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	Este pozo es un incio de tramo en la red de drenajes.				

"Características del pozos de visita No. 187 situado en la calle de Recoletos y 1ra calle Poniente de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= no hay	Cis= 3.65 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No tiene agarrador para abrir y hay muchas cucarachas.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.50 a 1.20			**Imagen**	
Características del sitio	La calle está empedrada.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	El pozo no es de forma cilíndrica, este empieza con un diámetro y la parte más baja tiene un diámetro más grande.				

"Características del pozos de visita No. 163 situado en 1era calle Poniente y Alameda de Santa lucia de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{este}= 4.30 m	Cie_{oeste}= 5.90 m	Cis= 6.00 m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El pozo no se visita	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.60 a 1.20			**Imagen**	
Características del sitio	Mucho tránsito al rededor del pozo, está en piso empedrado.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	Pozo de forma cónica, el caudal que tiene es muy alto y no estába lloviendo				

"Características del pozos de visita No. 183 situado en 2da Avenida de chajon y calle de los Nazarenos de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{norte}=2.55 m	Cie_{este}=2.75 m	Cis= 3.00 m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No hay	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.55 a 1.00			**Imagen**	
Características del sitio	La calle está empedrada, se encuentra en una intersección pequeña				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	La tapadera está en mal estádo				

"Características del pozos de visita No. 209 situado en el oeste de la calle de los Nazarenos de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				**Fecha**	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= N/A	Cis= 1.70 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El caudal de aportación es bajo, poca población cercana.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.80			**Imagen**	
Características del sitio	Es una calle empedrada y solo hay un carril de paso.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	Existe una conexión ilícita en el pozo.				

"Características del pozos de visita No. 106 situado en callejon Lemus y 6ta avenida norte de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{norte}= 2.35m	Cie_{oeste}= 2.10m	Cis=2.35m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			Tapadera dañada	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.65 a 1.80			Imagen	
Características del sitio	Está en una calle empedrada				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	No hay continuidad en el tramo como lo dice el plano.				

"Características del pozos de visita No. 34 situado en la calle de chiplilapa y calle del hermano pedro de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	$Cie_{ilicita}$= 2.00 m	Cie_{sur}=3.35m	Cis= 3.40m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El pozo no se visita	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.60 a 1.20			Imagen	
Características del sitio	No se ha levantado el pozo en mucho tiempo, dificil de abrir				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**No**	**No**		
Observaciones adicionales	El acceso está deteriorado. Hay una tubería que ingresa al pozo que no se identifica en planos.				

"Características del pozos de visita No. 48 situado en el comienzo de la segunda avenida sur de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= no hay	Cis= 1.70 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No hay	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.65 a 1.20			Imagen	
Características del sitio	Poco tránsito, normal				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**No**	**No**		
Observaciones adicionales	La tapadera está en mal estádo.				

"Características del pozos de visita No. 51 situado en calle de fray Rodrigo de la Cruz y 2da avenida sur de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= 300m	Cis= N/A		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			No hay	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.60 a 1.00			Imagen	
Características del sitio	Enfrente a un colegio, mucho tránsito vehicular y salida de buses				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	La tapadera está en buen estádo.				

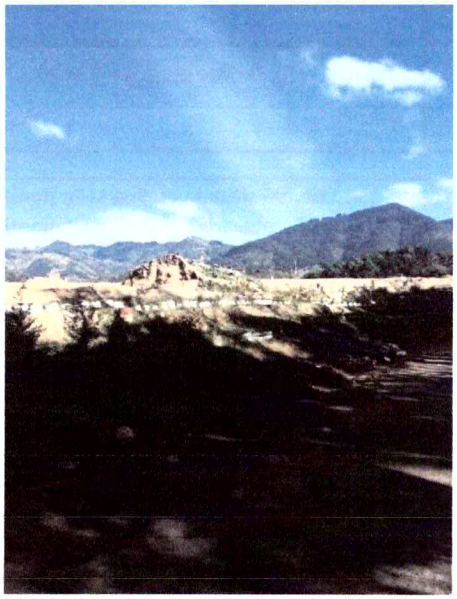
"Características del pozos de visita No. 74 situado en 9na calle oriente y 3era avenida sur de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	23/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{norte}= 2.00m	Cis= 3.60 m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El caudal es bajo en está parte.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.55 a 1.20			Imagen	
Características del sitio	El lugar se encontraba muy sucio.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	El pozo está lleno de cucarachas y el acceso se encuentra dañado.				

"Características del pozos de visita No. 147 situado en 7ma calle poniente y alameda de Santa lucia de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	23/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{norte}= 2.20m	Cie_{este}=1.80m	Cis= 2.40m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			Es uno de los puntos más bajos donde se acumula mucha agua.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.85 arriba, cuarto abajo			Imagen	
Características del sitio	El pozo no tenía parte baja, se unía a una caja que transportaba el agua. Esta caja era un cuarto bastante grande el cual no se podía ingresar para tomar medidas				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**No**	**No**		
Observaciones adicionales	El caudal que se transporta en este punto es muy alto.				

"Características del pozos de visita No. 98 situado en 7ma calle poniente y 6ta avenida sur de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	23/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie_{norte}= 2.00m	Cie_{este}= 3.00m	Cis=3.00m	**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			Mucha tránsito de camionetas.	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.80 arriba, se conecta a tubería de 66 pulgadas abajo			Imagen	
Características del sitio	La tapadera está en mal estádo.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**Sí**	**No**		
Observaciones adicionales	El pozo se junta a un costado de la tubería, la tubería recoge el agua del pozo.				

"Características del pozos de visita No. 96 situado en 9na calle poniente y 5ta avenida sur de la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez."					
Información general				Fecha	23/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			**Técnico**	Sin técnico
Municipio	Antigua Guatemala			**Teléfono**	N/A
Cota Invert	Cie= 1.40m	Cis= 1.45m		**Información adicional**	
Ubicación según mapa	Correcta			El acceso al pozo se encuentra roto	
Material pozo	PVC	Concreto **X**	Mampostería		
Diámetro en metros	0.55 a 1.80			Imagen	
Características del sitio	Huele mal debido a sedimientos.				
Inventario	Tapadera	Acceso	Identificación		
	Sí	**No**	**No**		
Observaciones adicionales	El pozo se encuentra inundado, el caudal es muy bajo para mover los sólidos sedimentados				

Establecimiento sanitario para el tratamiento de desechos sólidos			
Información general		**Fecha de visita**	2/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	**Responsable de visita**	Carlos Roberto López Castillo
Municipio	Santa Lucía Milpas Altas	**Propietario**	Municipalidad de Antigua Guatemala
Establecimiento sanitario	Vertedero "El Choconal"	**Latitud**	14°33'59.68"N
Estado actual	Activo, Cierre próximo.	**Longitud**	90°41'22.70"O
Fecha de inicio de operación	Marzo del año 2,000	**Accesos**	Asequibles
Tipo de desechos sólidos en tratamiento	Domiciliar, hotelera y restaurantes.		
Información específica			
Cercanía de recarga hídrica	Muy cerca (río pensativo)		
Fallas geológicas	No determinada		
Suelo impermeabilizado	No aplica		
Tratamiento de lixiviados	No aplica		
Tratamiento de gases efecto invernadero	No aplica		
Recomedaciones	Cierre técnico		
Observaciones	La vida útil de este establecimiento ha caducado, por lo que se recomienda un cierre técnico antes de finalizar el presente año (2017)		



Ubicación



Establecimiento sanitario



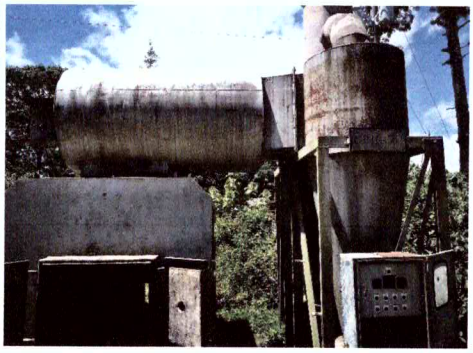
Establecimiento sanitario para el tratamiento de desechos sólidos			
Información general		**Fecha de visita**	12/08/2017
Departamento	Sacatepéquez	**Responsable de visita**	Carlos Roberto López Castillo
Municipio	Santa Lucía Milpas Altas	**Propietario**	Municipalidad de Antigua Guatemala
Establecimiento sanitario	Finca Florencia/Incinerador	**Latitud**	14°34'8.53"N
Estado actual	Abandonado	**Longitud**	90°40'53.88"O
Fecha de inicio de operación	2010 (estuvo activo pocos años)	**Accesos**	Asequibles
Tipo de desechos sólidos en tratamiento	En su momento, Aceites y grasas.		
Información específica			
Cercanía de recarga hídrica	Muy cerca (río pensativo)		
Fallas geológicas	No determinada		
Suelo impermeabilizado	No aplica		
Tratamiento de lixiviados	No aplica		
Tratamiento de gases efecto invernadero	No aplica		
Recomedaciones	Rehabilitación del lugar y realizar estudios específicos		
Observaciones	Es un territorio que pertenece a la municipalidad de Guatemala, disponible.		



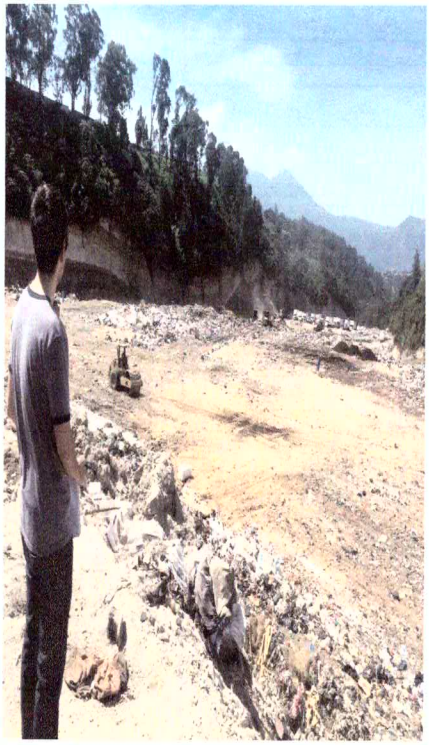
Ubicación



Establecimiento sanitario



Establecimiento sanitario para el tratamiento de desechos sólidos			
Información general		**Fecha de visita**	19/08/2017
Departamento	Guatemala	**Responsable de visita**	Carlos Roberto López Castillo
Municipio	Villa Nueva	**Propietario**	Municipalidad de Guatemala (operativo)
Establecimiento sanitario	AMSA	**Latitud**	14°31'0.46"N
Estado actual	Activo, (Vida útil 2 años)	**Longitud**	90°37'29.35"O
Fecha de inicio de operación	1997	**Accesos**	Asequibles
Tipo de desechos sólidos en tratamiento	Industrial, Mercado, Hospitalario, Rastro, Domiciliar.		
Información específica			
Cercanía de recarga hídrica	Relativamente lejos (Lago de Amatitlán)		
Fallas geológicas	No determinada		
Suelo impermeabilizado	Parcialmente		
Tratamiento de lixiviados	Recirculación en pilas		
Tratamiento de gases efecto invernadero	No aplica		
Recomedaciones	Futuras adecuaciones para tratamiento de gases efecto invernadero.		
Observaciones	Este establecimiento funciona bajo normativas y prácticas internacionales adoptadas.		



Ubicación



Establecimiento sanitario



No.	NOMBRE DEL INMUEBLE	DIRECCIÓN DEL INMUEBLE	FINCA	FOLIO	LIBRO
1	Palacio del Ayuntamiento	Al norte de la Plaza de Armas y 4a. Avenida Norte	12979	123	97 de Sacatepéquez
2	Antiguo Palacio Arzobispal	4a. Calle oriente y este de la plaza de Armas	12980	124	97 de Sacatepéquez
3	Casa No. 14	Avenida del Desengaño	12963	107	97 de Sacatepéquez
4	Casa No. 08	Avenida del Desengaño	12964	108	97 de Sacatepéquez
5	Casa No. 25	7a. Avenida Norte	12967	111	97 de Sacatepéquez
6	Casa No. 29	7a. Avenida Norte	12966	110	97 de Sacatepéquez
7	Casa No. 11	Calle Ancha de los Herreros	12969	113	97 de Sacatepéquez
8	Ruinas del Templo de San Francisco	Calle de los Pasos, Callejón de Belén y calle del Hermano Pedro	12983	129	97 de Sacatepéquez
9	Ruinas del Templo de San Sebastián	Frente a la plazuela de San Sebastián	12970	114	97 de Sacatepéquez
10	Ruinas de Santa Catarina	5a. Ave. Norte entre 1a. Y 2a. Calle poniente	12974	118	97 de Sacatepéquez
11	Casa Conventual de la Escuela de Cristo	Calle de los Pasos	12976	120	97 de Sacatepéquez
12	Rastro de Ganado Mayor	A un costado de la Iglesia del Calvario y del puente Pensativo	12975	119	97 de Sacatepéquez
13	Arco de Santa Catalina	5a. Ave. Norte entre 1a. Y 2a. Calle poniente	12985	129	97 de Sacatepéquez
14	Hospital Pedro de San José de Betancourt	Edificio del Hospital Pedro de San José de Betancourt	975	186	32 de Sacatepéquez
15	Ex mercado Municipal	A un costado de la 4a. Calle poniente y sobre la 3a. Calle poniente, así también sobre la 6a. Y 7a. Ave. Norte	12876	17	97 de Sacatepéquez
16	Finca la Pólvora	5a. Calle Poniente y Avenida de la Recolección	49	100	87 de Antigua
			12	436	70 de Sacatepéquez
			478	128	28 de Sacatepéquez
17	Finca Candelaria Manchen y anexos	Calle que va a San Felipe de Jesus y Calle del Manche	6651	175	155 de Sacatepéquez
18	Terreno parte Antigua del cementerio	5a. Calle Poniente final	12984	128	97 de Sacatepéquez
19	Parte nueva del cementerio	Parte norte del Cementerio San Lázaro	75	75	439 de Sacatepéquez
20	Terreno para anexar el Cementerio General de San Lázaro	Cementerio General de La Antigua Guatemala	9811	108	85 de Sacatepéquez
21	Mausoleo Municipal	Fraccionamiento No.3 de la zona 3 del cementerio General San Lázaro	-	-	-

No.	NOMBRE DEL INMUEBLE	DIRECCIÓN DEL INMUEBLE	FINCA	FOLIO	LIBRO
22	Sitio del Santisimo	La Antigua Guatemala	12982	126	97 de Sacatepéquez
23	Sitio del interior del cuartel	A un costado del Palacio de los Capitanes	8492	176	79 de Sacatepéquez
24	Garita en el puesto y puente del Río Pensativo	Entrada desde la Capital a La Antigua Guatemala	-	-	-
25	Garita de control de peaje y control de tráfico	Al final de la Alameda Santa Lucía y salida a Ciudad Vieja	-	-	-
26	Garita de control de peaje y tráfico	Situada en la Calle Ancha de los Herreros	-	-	-
27	Centro de Servicios Mercado Municipal	Calzada Santa Lucía y finca la Pólvora	-	-	-
28	Estadio Pensativo	Calle Ancha de los Herreros	-	-	-
29	Anexión al Estadio Municipal	La Antigua Guatemala	16898	238	113 de Sacatepéquez
30	Terrenos para anexar al Estadio Municipal Pensativo, denominado el Alfalfa	Calle Ancha de los Herreros	6494	17	155 de Sacatepéquez
31	Incinerador de basura	Callejón del Rastro y del Calvario	57	108	77 de Sacatepéquez
			29684	141	195 de Sacatepéquez
32	Salón Cultural Cesar Brañas	5a. Calle Poniente, Finca Municipal La Pólvora	-	-	-
33	Escuela Normal de Señoritas	La Antigua Guatemala	12978	122	97 de Sacatepéquez
34	Edificio de La Antigua Universidad	5a. Calle oriente y 3a. Ave. Sur	12977	121	97 de Sacatepéquez
35	Tereno de la Calle Ancha de los Herreros	Contiguo al centro de salud	6365	138	153 de Sacatepéquez
36	Edificio para la auxiliatura	San Cristóbal el Bajo	-	-	-
37	Inmueble	San Cristóbal el Bajo	-	-	-
38	Edificio municipal de San Felípe de Jesús	Calle Real zona A, San Felipe de Jesús	12241	103	95 de Sacatepéquez
39	Terreno de la comunidad	San Felipe de Jesús	12237	99	95 de Sacatepéquez
40	El Llano	San Felipe de Jesús	12238	100	95 de Sacatepéquez
41	La Feria	San Felipe de Jesús	12239	101	95 de Sacatepéquez
42	Cementerio	San Felipe de Jesús	12240	102	95 de Sacatepéquez
43	Predio Poste Público	San Felipe de Jesús	12242	104	95 de Sacatepéquez

No.	NOMBRE DEL INMUEBLE	DIRECCIÓN DEL INMUEBLE	FINCA	FOLIO	LIBRO
44	Plaza Pública	San Felipe de Jesús	12243	105	95 de Sacatepéquez
45	Instalación deportiva en el terreno llamado la Subidita	San Felipe de Jesús	12968	112	97 de Sacatepéquez
46	Cabildo Municipal con Plaza Pública	San Juan del Obispo	12504	166	95 de Sacatepéquez
47	Escuela de varones y huertas municipales	San Juan del Obispo	12505	167	
48	Salón Comunal de San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	-	-	-
49	Clínica Medicas	San Juan del Obispo	-	-	-
50	Cementerio	San Juan del Obispo	12506	168	95 de Sacatepéquez
51	Astillero Comunal	San Juan del Obispo	4297	2019	76 de Sacatepéquez
			1289	97	No se encuentra No. De Libro
52	Lote de terreno en ejidos	San Juan del Obispo	14520	38	104 de Sacatepéquez
53	Terreno el recuerdo	San Juan del Obispo	14186	301	102 de Sacatepéquez
54	Terrreno en San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	30775	251	244 de Sacatepéquez
55	Terreno el Lazarito	San Juan del Obispo	14188	313	102 de Sacatepéquez
56	Terreno en la Aldea San Juan del Obispo	San Juan del Obispo	29722	180	195 de Sacatepéquez
57	Terreno en San Juan de Obispo	San Juan del Obispo	116	16	293 de Sacatepéquez
58	Tanque de Agua	San Juan del Obispo	29235	22	239 de Sacatepéquez
59	Cabildo, escuela de varones, prisión de mujeres y de hombres	San Mateo Milpas Altas	-	-	-
60	Astillero Comunal	San Mateo Milpas Altas	11953	64	94 de Sacatepéquez
61	El Manantial	San Mateo Milpas Altas	5842	213	151 de Sacatepéquez
62	Terreno	San Mateo Milpas Altas	20484	298	124 de Sacatepéquez
63	Terreno el Bosque	San Mateo Milpas Altas	-	-	-
64	Vertedero de basura	San Juan Alotenango	195	195	475
			198	198	457
			3621	121	8E
			8124	124	17E
			194	194	411
					todos del Departamento de Sacatepéquez
65	Terreno	Pastores	1187	192	291 de Sacatepéquez

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	Calle ancha de los herreros			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	80 x 120 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay crecimiento de vegetación dentro de la alcantarilla.				

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	Calle del Chajón			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	50 x 560 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay crecimiento de vegetación dentro de la alcantarilla.				

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	Calle del Chajón			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	50 x 535 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay crecimiento de vegetación dentro de la alcantarilla.				

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	Calle de los Nazarenos			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	50 x 105 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay basura obstruyendo la entrada de la alcantarilla				

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	Calle del Chajón			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	40 x 120 cm				
	Observaciones adicionales				
	La alcantarilla se encuentra tapada y llena de basura en el interior.				

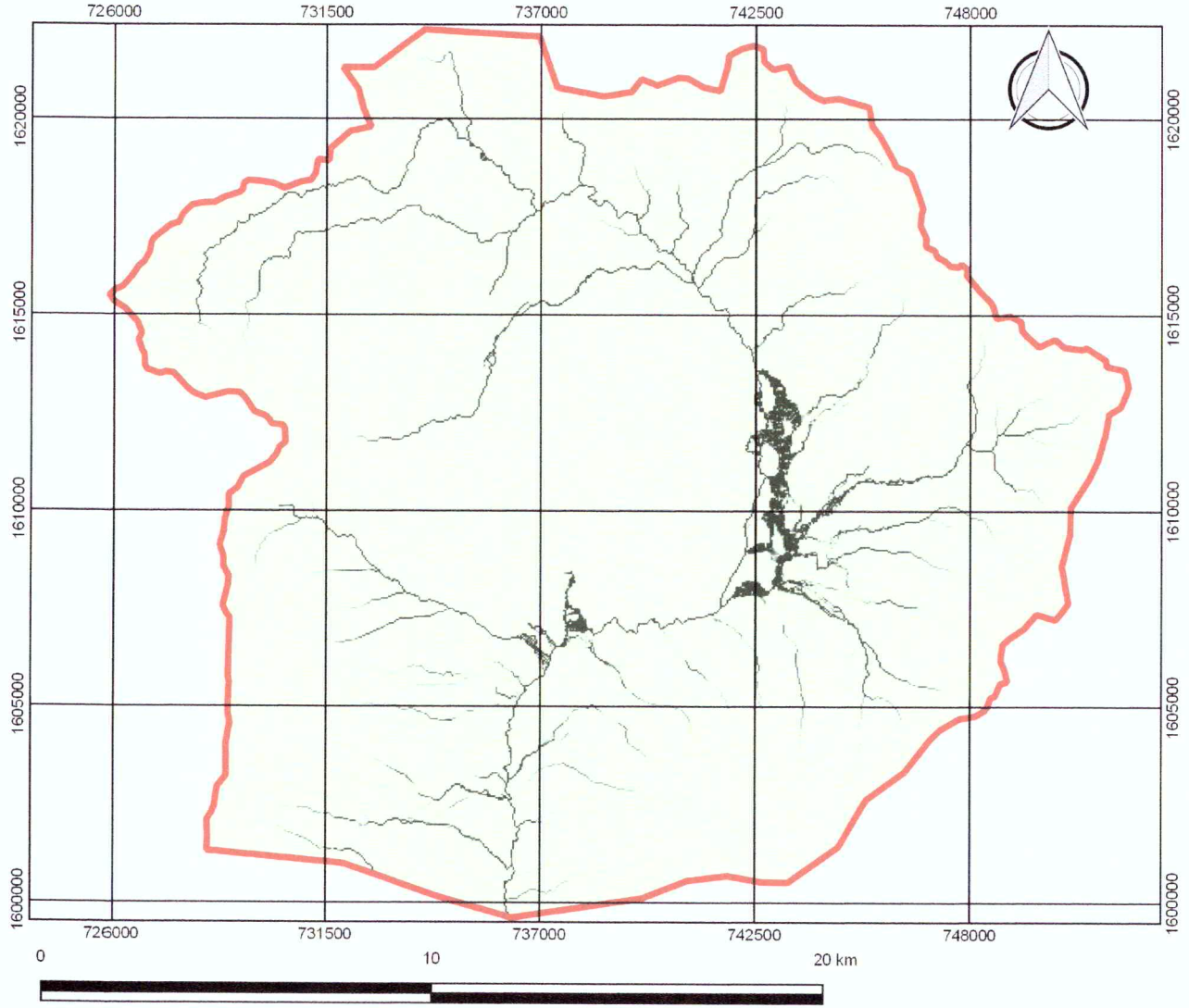
Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	1ª avenida del Chajón			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	31 x 40 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay crecimiento de vegetación dentro de la alcantarilla y anegada de basura.				

Gestión de agua y saneamiento sostenible en La Antigua Guatemala - Fase 1: Línea Base Características de la alcantarilla situado en la ciudad de La Antigua Guatemala, ubicada en el departamento de Sacatepéquez					
Información general				Fecha	22/08/2017
Departamento	Sacatepéquez			Autor	Daniel Ibarra
Municipio	La Antigua Guatemala			Teléfono	N/A
Estado	En funcionamiento			Información adicional	
Ubicación según mapa	1ª avenida del Chajón			N/A	
Material de la rejilla	Acero				
Estado de la rejilla	Bueno	Medio	Malo	Imagen	
Medidas	31 x 40 cm				
	Observaciones adicionales				
	Se observa que hay crecimiento de vegetación dentro de la alcantarilla y anegada de basura.				

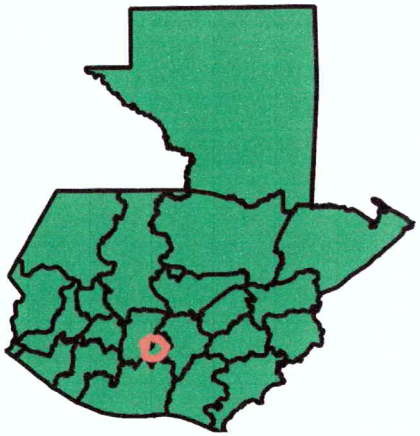
ANEXO Q

MAPAS TEMÁTICOS

Acumulación de flujo de corrientes por relieve de la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



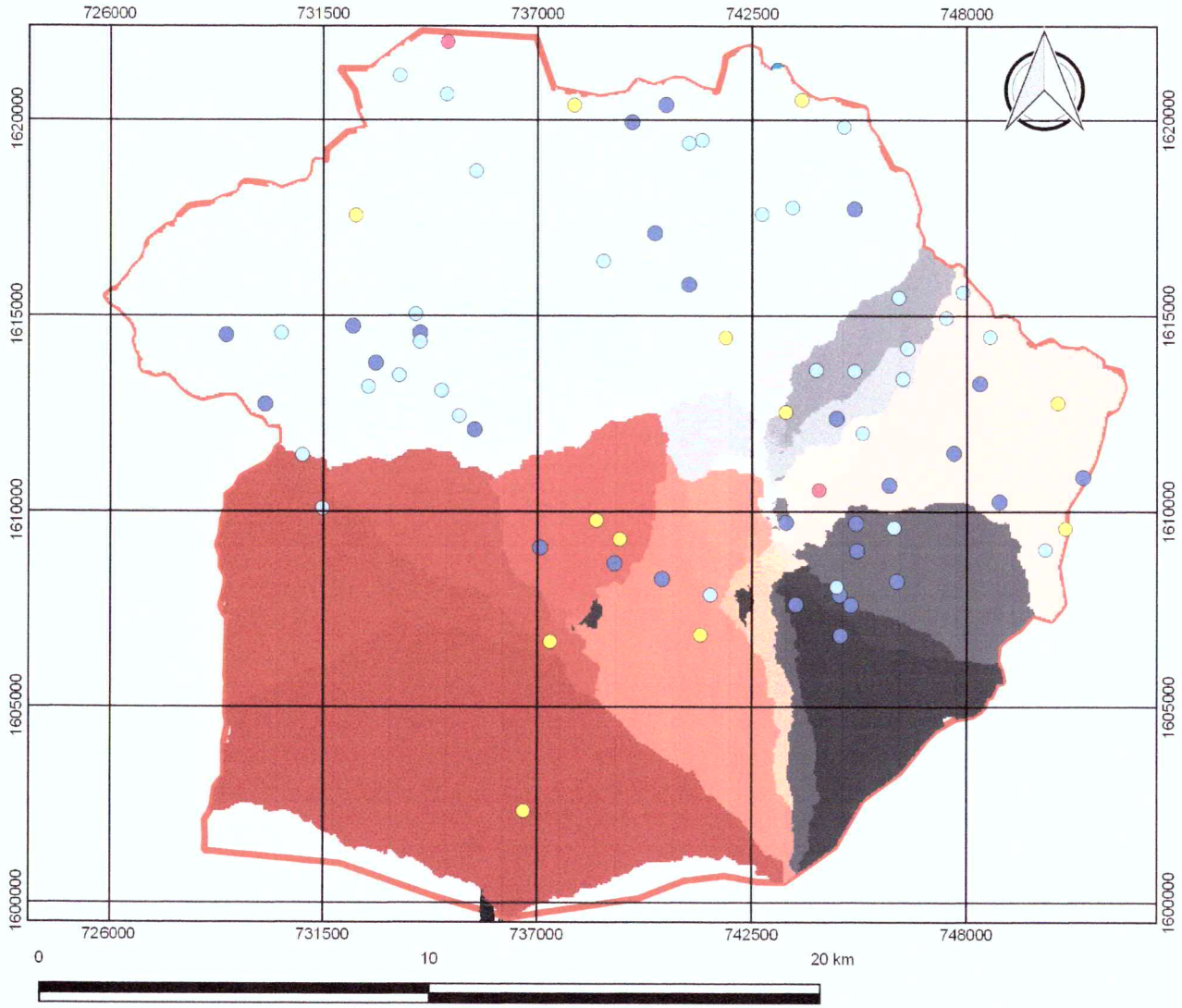
Leyenda

Parteaguas o Divisoria de aguas Cuenca del Río Guacalate

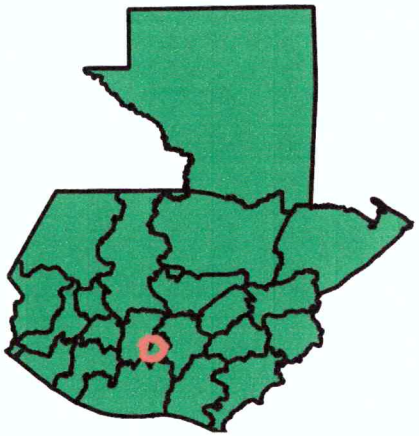
Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

515

Subuencas y microcuencas en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



Leyenda

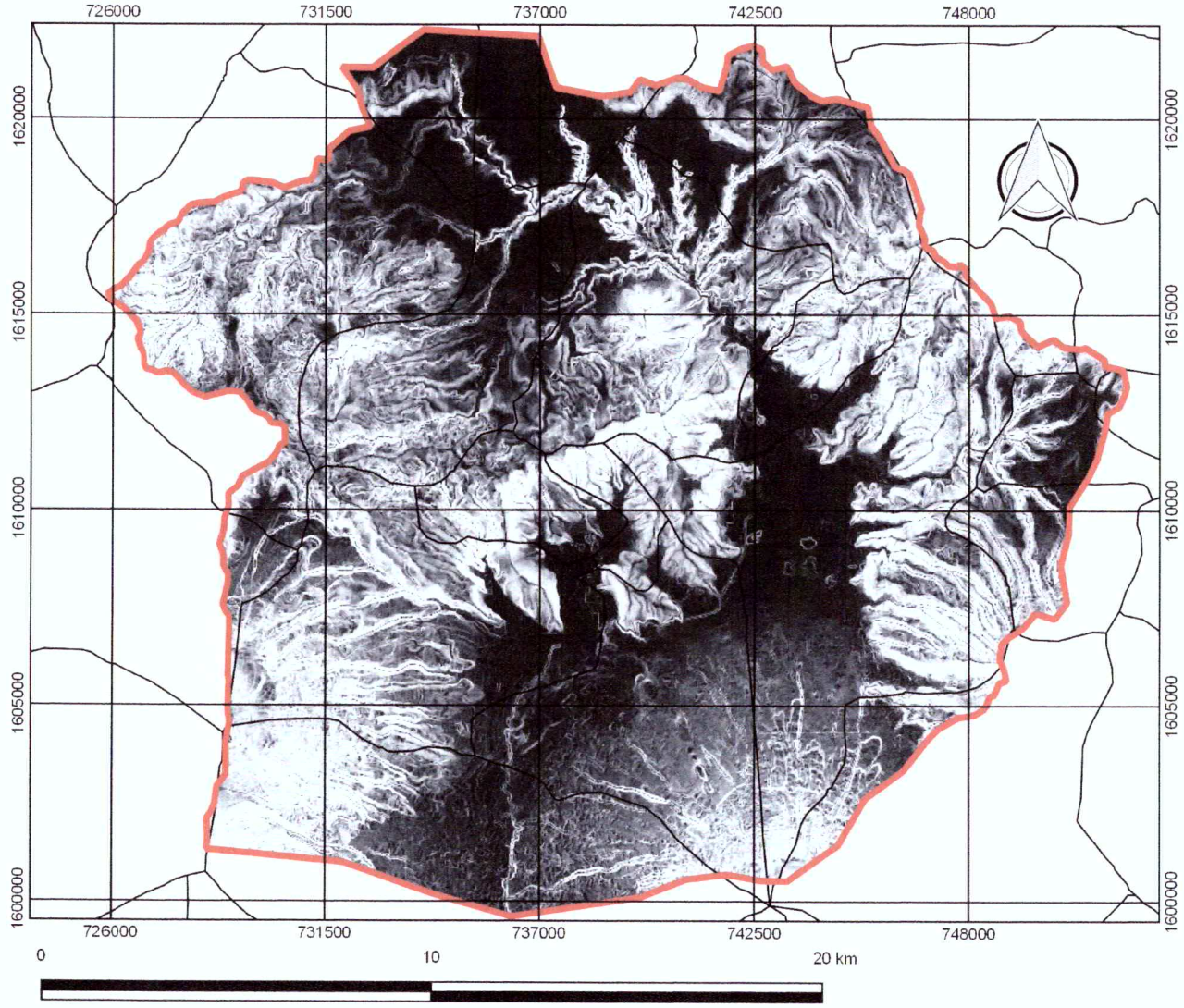
- Caseríos
- Pueblos
- Aldeas
- Ciudad
- Parteaguas o Divisoria de aguas

Subcuencas y microcuencas

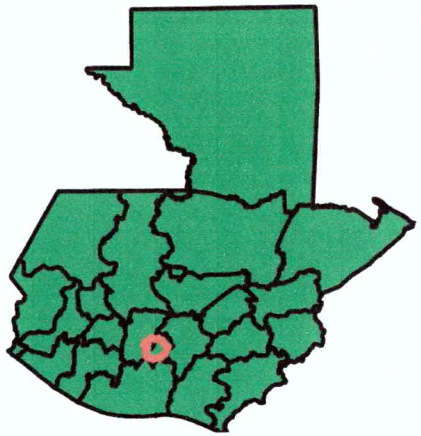
Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

517

Pendiente en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



Leyenda

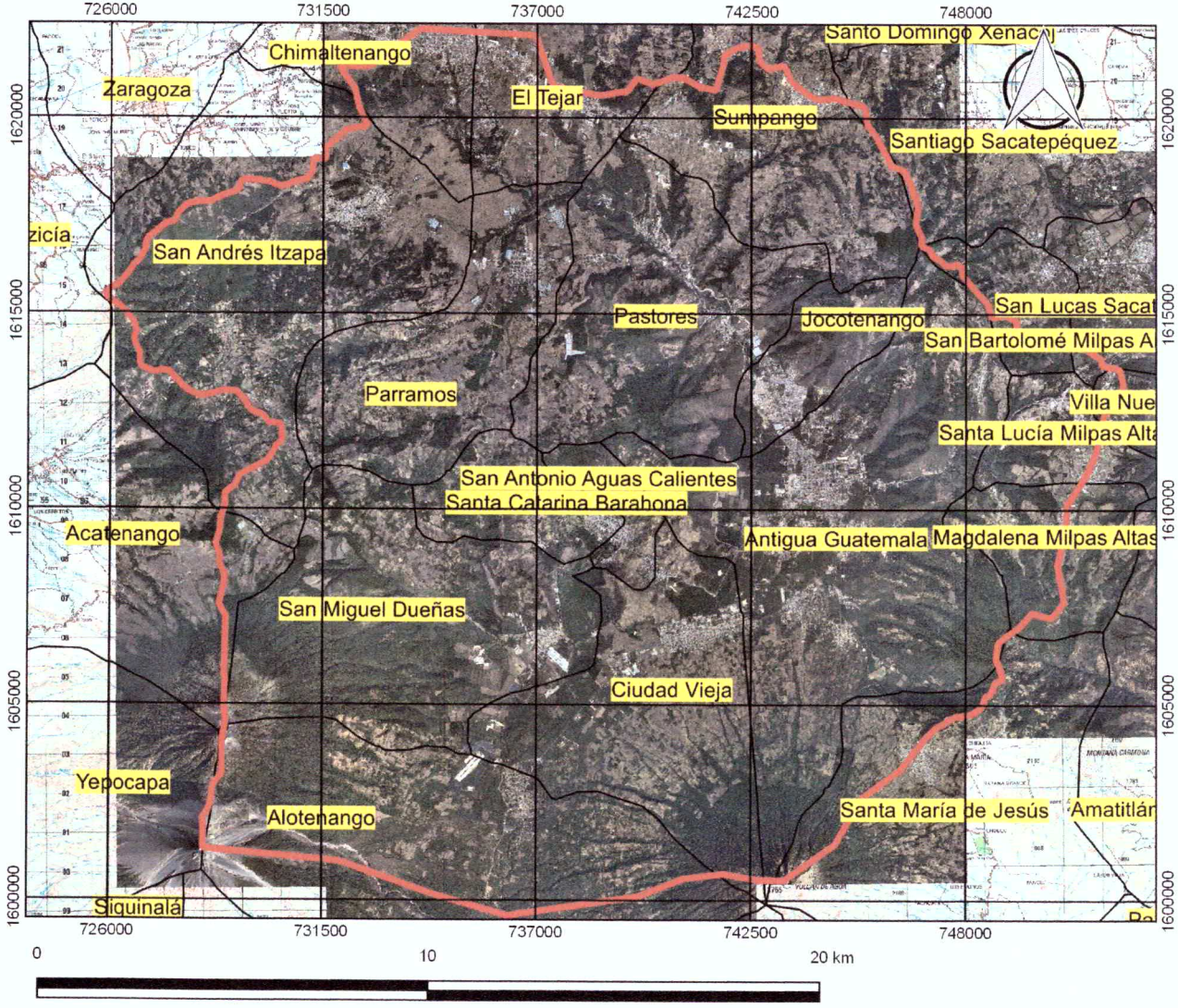
Pendiente

- 0.000000
- 21.416450
- 42.832900

Juan Esteban Wyss
Agosto, 2017

519

Municipios de la Cuenca del Río Guacalate y parámetros morfométricos



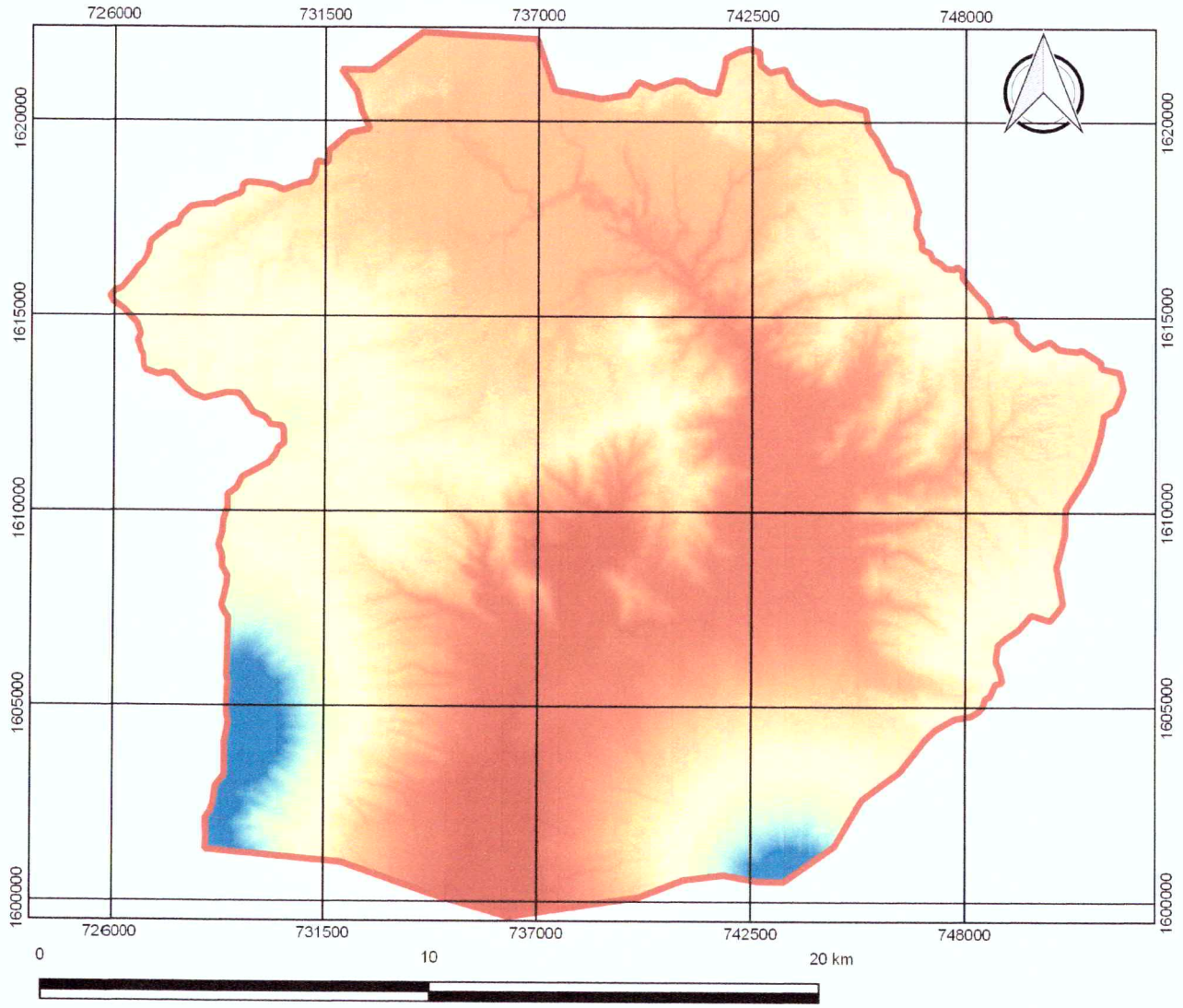
UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



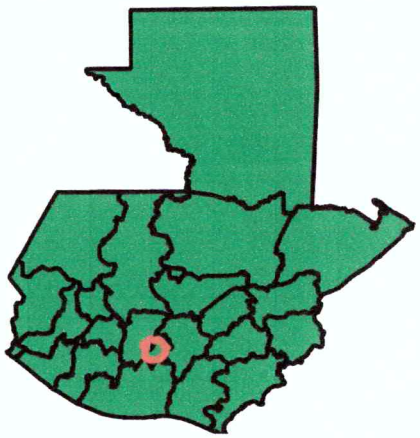
Parámetros morfométricos de la cuenca			
Todas los parámetros provienen de la proyección WGS84 / UTM zona15N			
No.	Parámetro Morfométrico	Cantidad	Dimensión/Descripción
1	Área	406.36	km²
2	Perímetro	89.57	km
3	Longitud de la cuenca	22.90	km
4	Ancho de la cuenca	17.74	km
5	Orientación de la cuenca	-	Norte a Sur
6	Factor de forma	0.77	Ensanchada
7	Coeficiente de compacidad	1.25	Oval redonda
8	Densidad de drenaje	1.39	Densidad de drenaje moderada
	Longitud de ríos perennes	564.86	km
9	Orden	5to orden	-

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Elevación de Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



Leyenda

Parteaguas o Divisoria de aguas

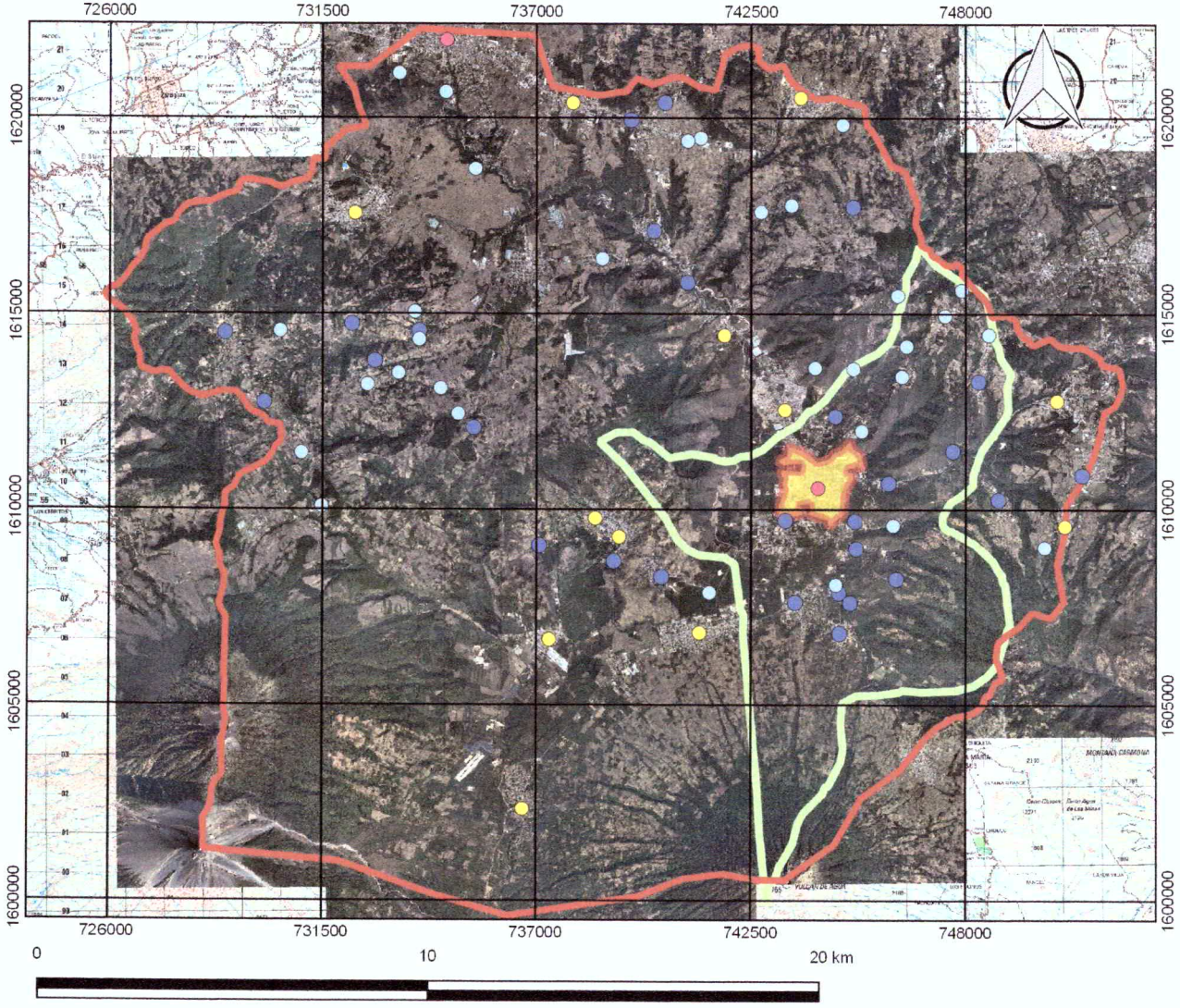
Modelo de Elevación Digital

- 1412.000000
- 1863.500000
- 2315.000000
- 2766.500000
- 3218.000000

Juan Esteban Wyss

Septiembre, 2017

Área de estudio Megaproyecto de Ingeniería Civil



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



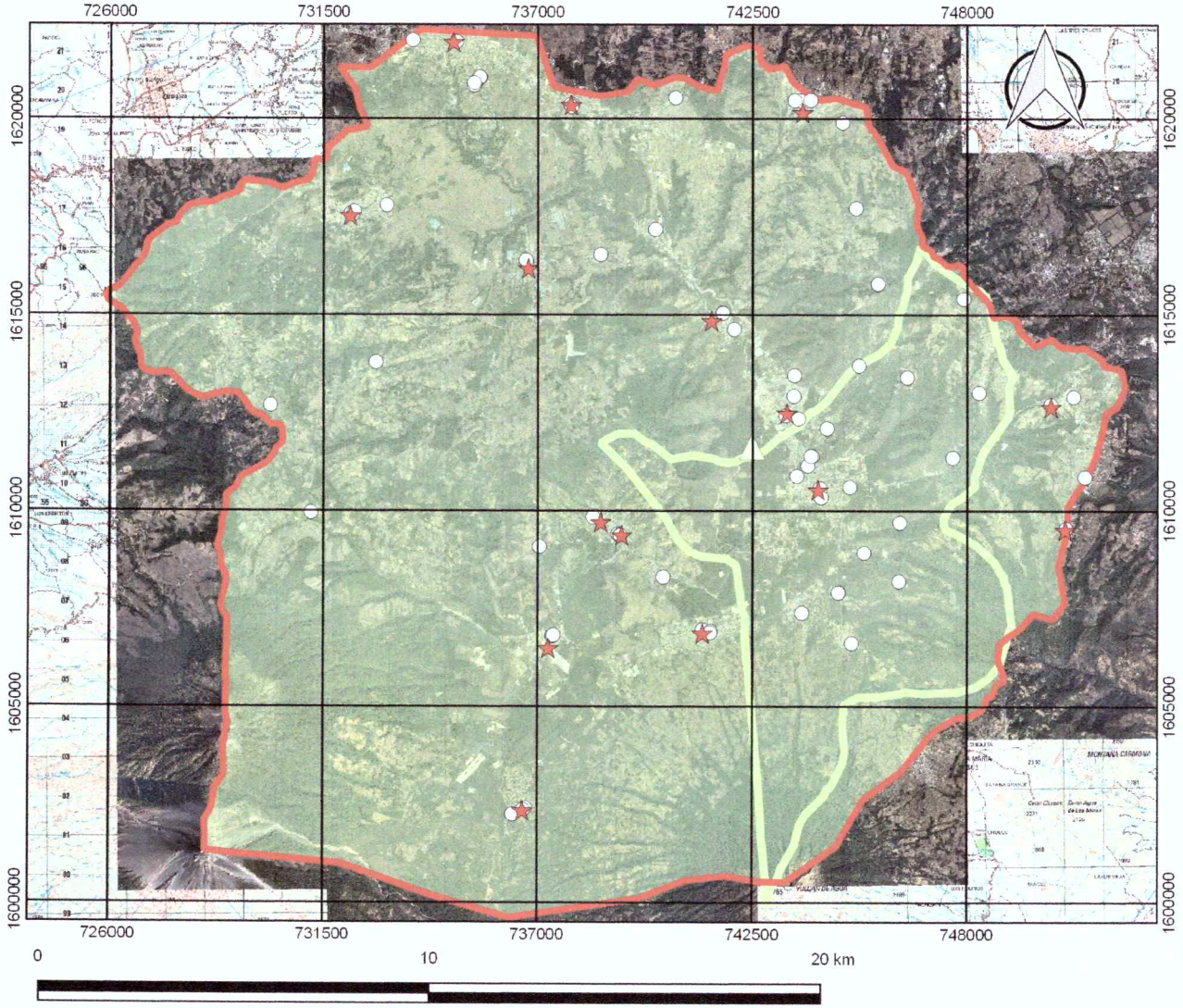
Leyenda

- Caseríos
- Pueblos
- Aldeas
- Ciudad
- La Antigua Guatemala
- Antigua Guatemala
- Parteaguas o Divisoria de aguas

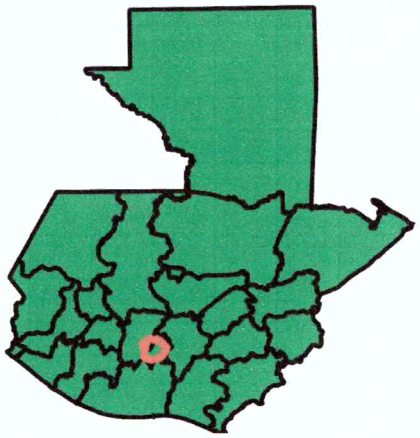
Noviembre, 2017

525

Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

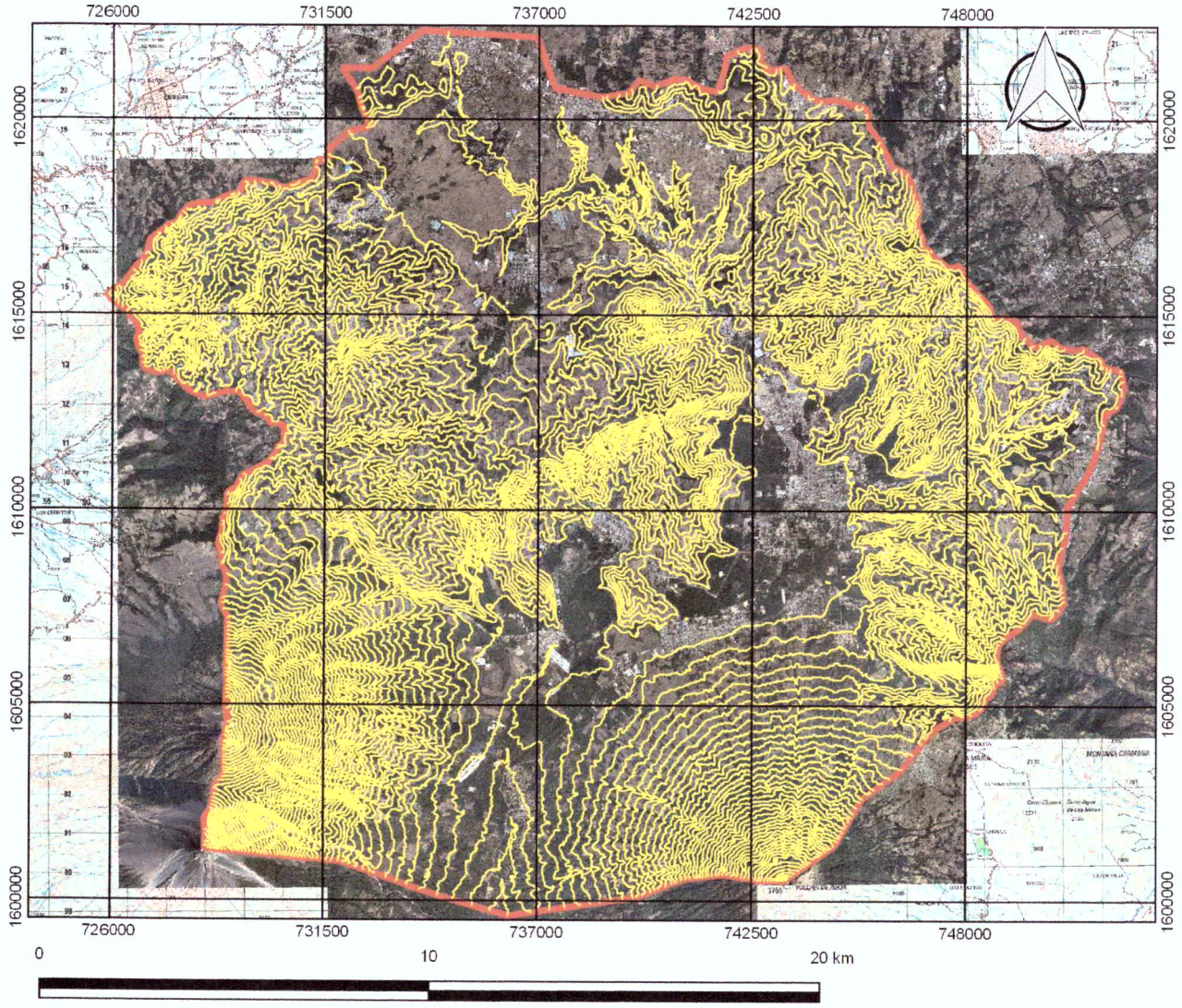


Leyenda

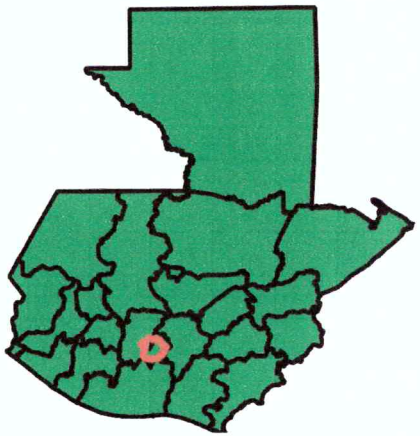
- Cabeceras Municipales
- Centros de Salud
- Perímetro
- Cuenca del Río Guacalate
- Antigua Guatemala

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Curvas de nivel en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

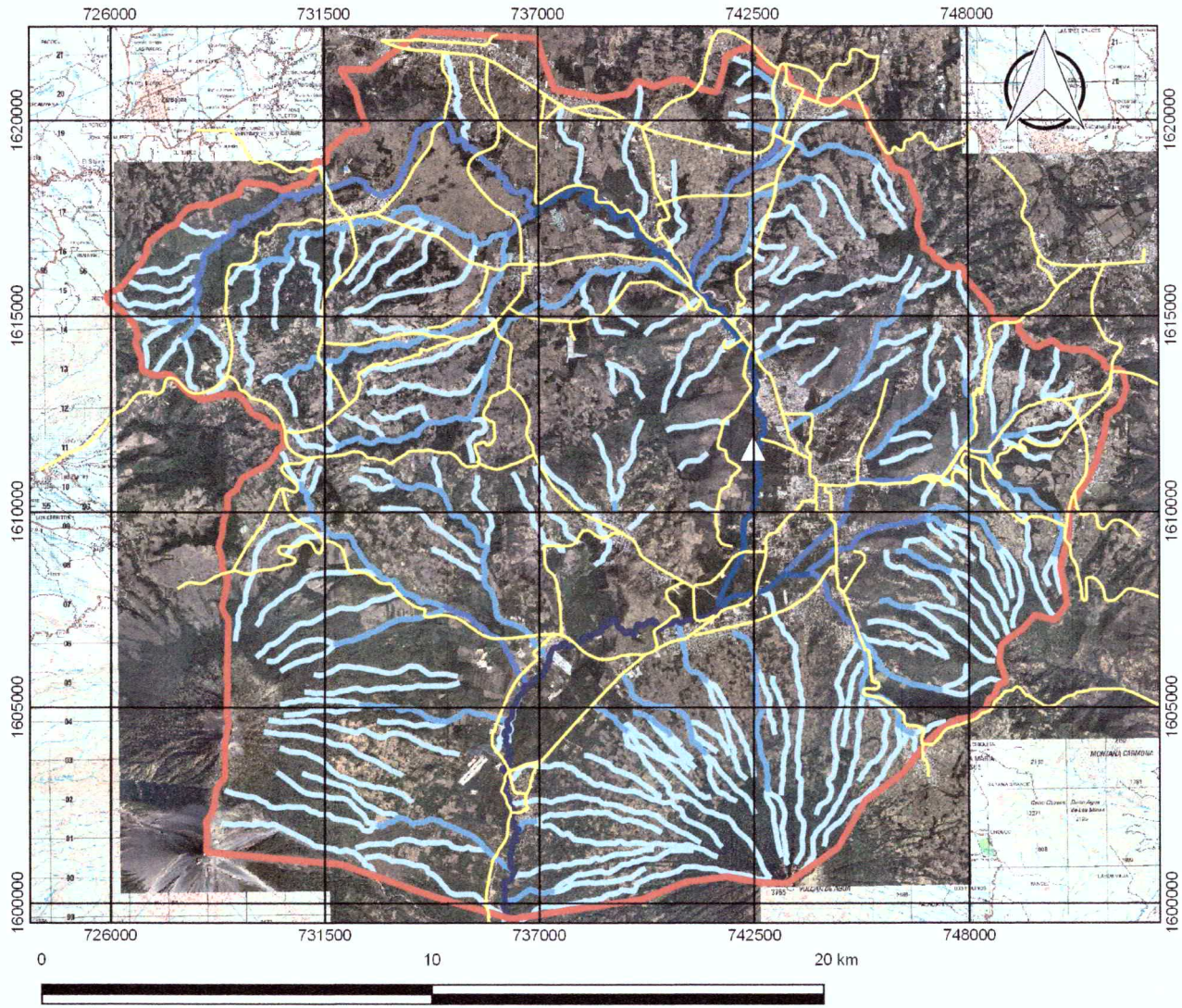


Leyenda

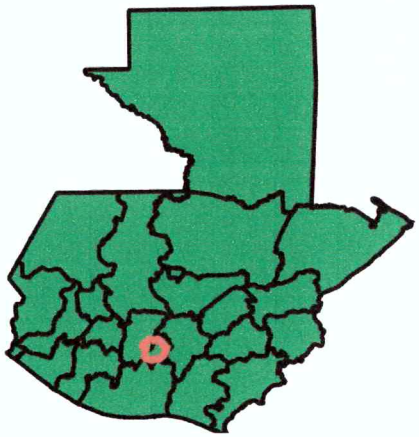
Curvas de nivel a cada 50 metros

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Orden de ríos en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

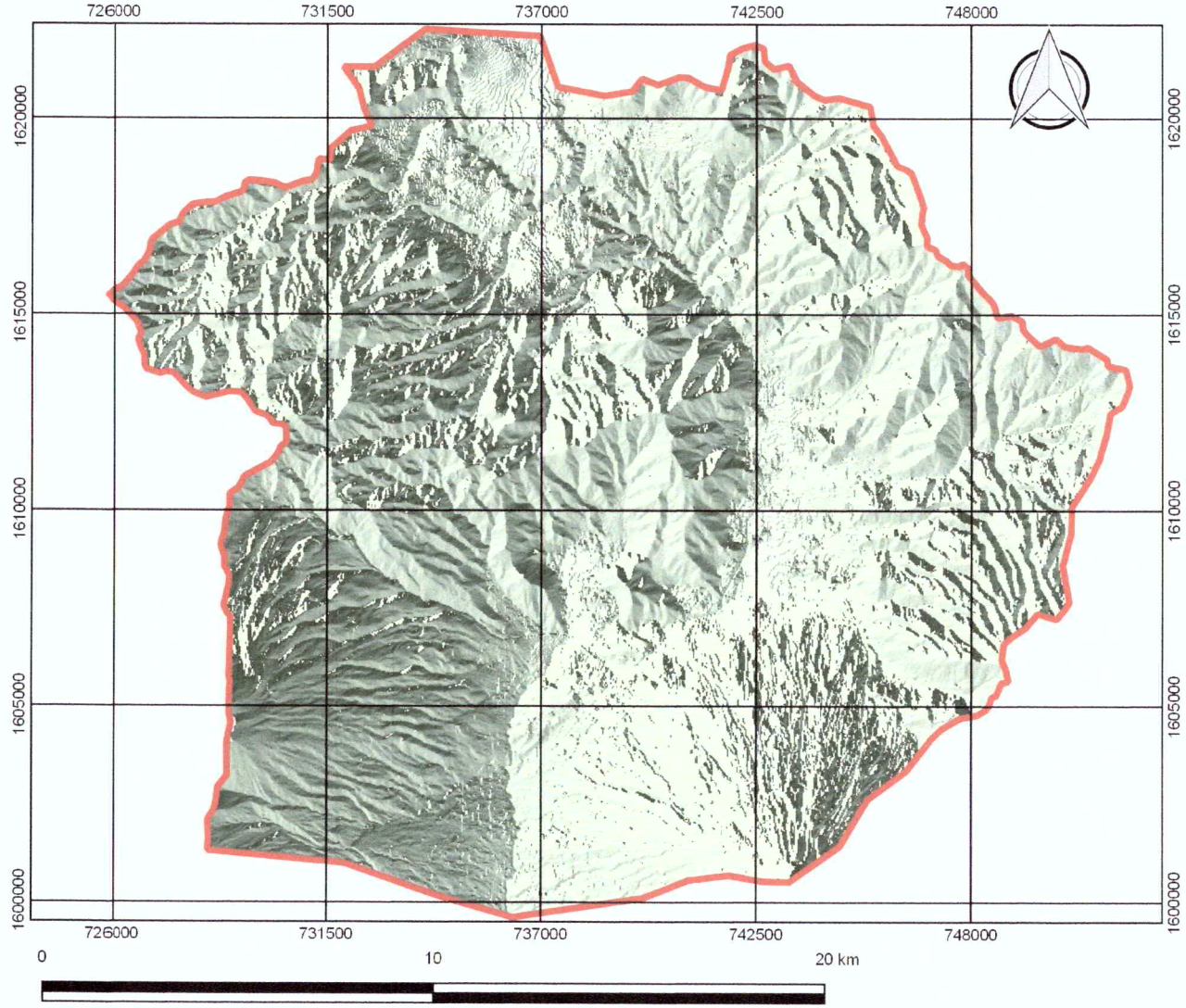


Leyenda

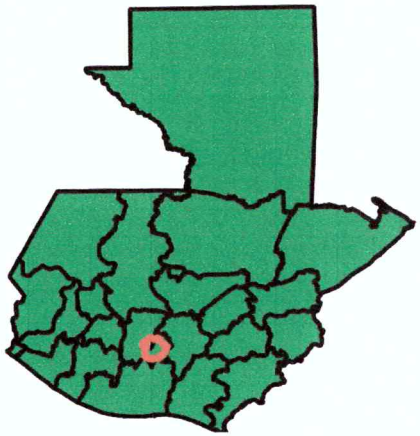
- Ríos 1er orden
- Ríos 2ndo orden
- Ríos 3er orden
- Ríos 4to orden
- Ríos 5to orden
- Parteaguas o Divisoria de aguas
- Caminos principales

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Orientación de la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



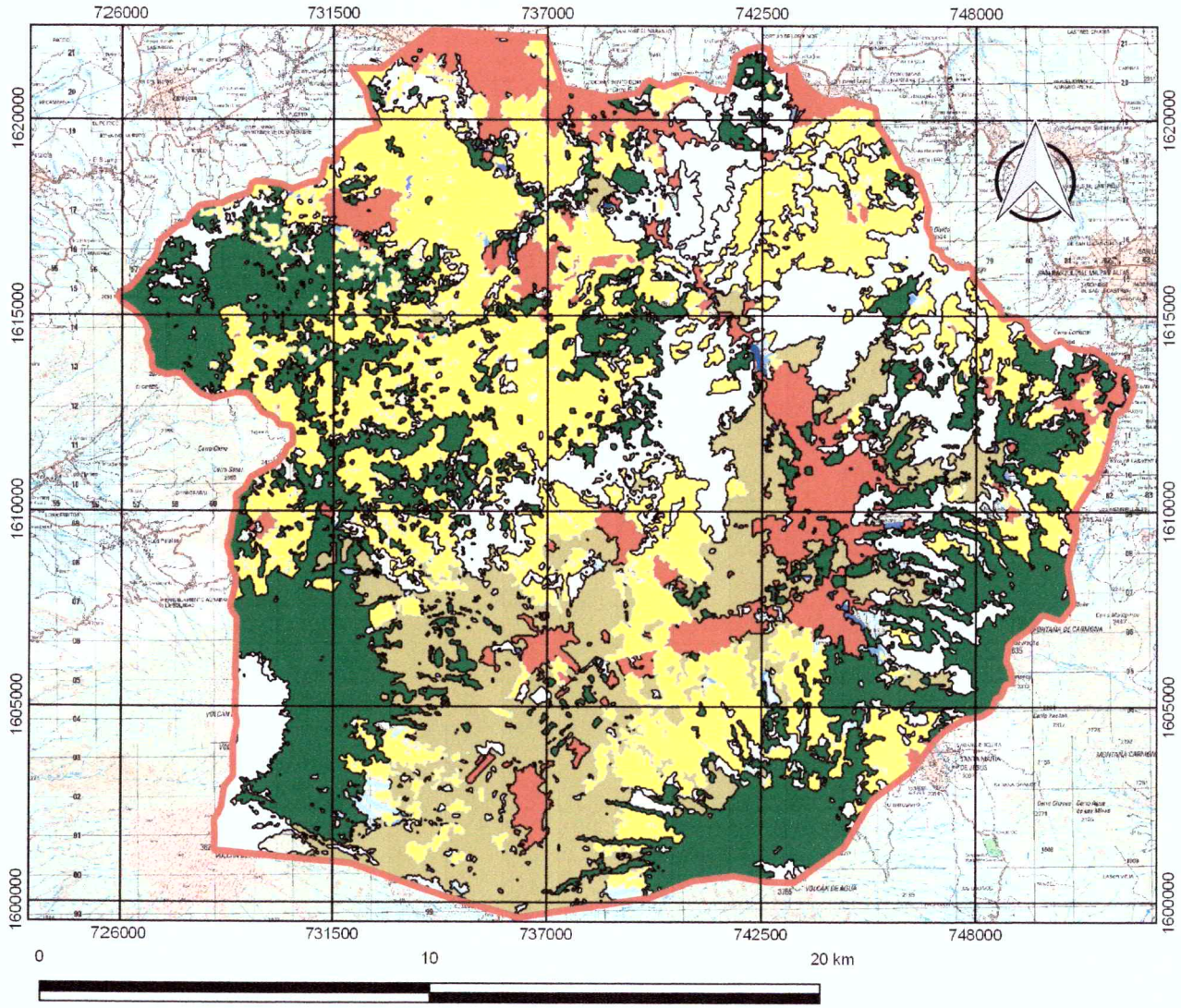
Leyenda

Parteaguas o Divisoria de aguas

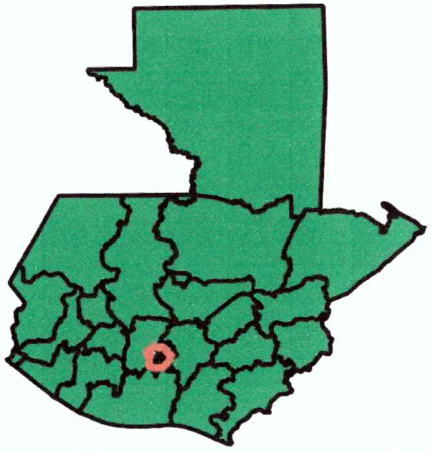
Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

533

Cobertura de uso de suelo en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

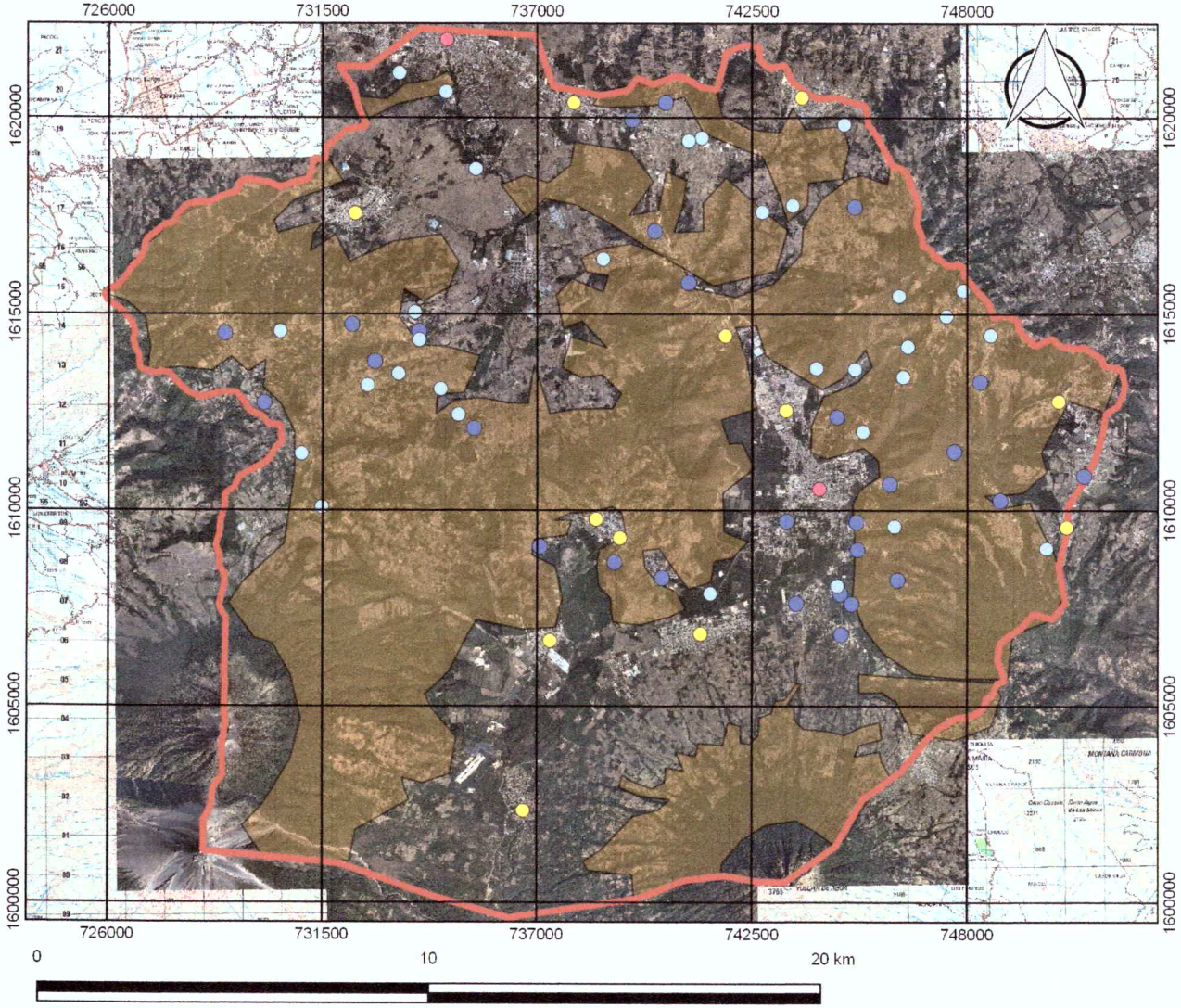


Leyenda

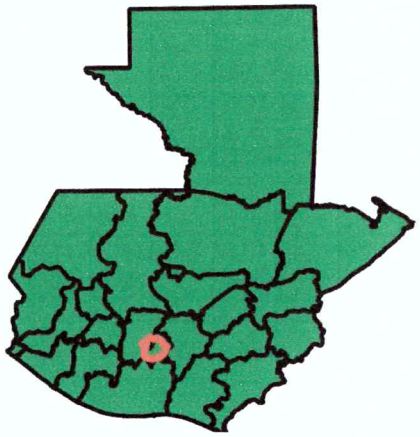
- Cobertura forestal
- Cobertura de tierra y selecto
- Cobertura de cultivos con menor absorción
- Cobertura de cultivos con mayor absorción
- Cobertura urbanización

Juan Esteban Wyss
Agosto, 2017

Zona de deslizamiento en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

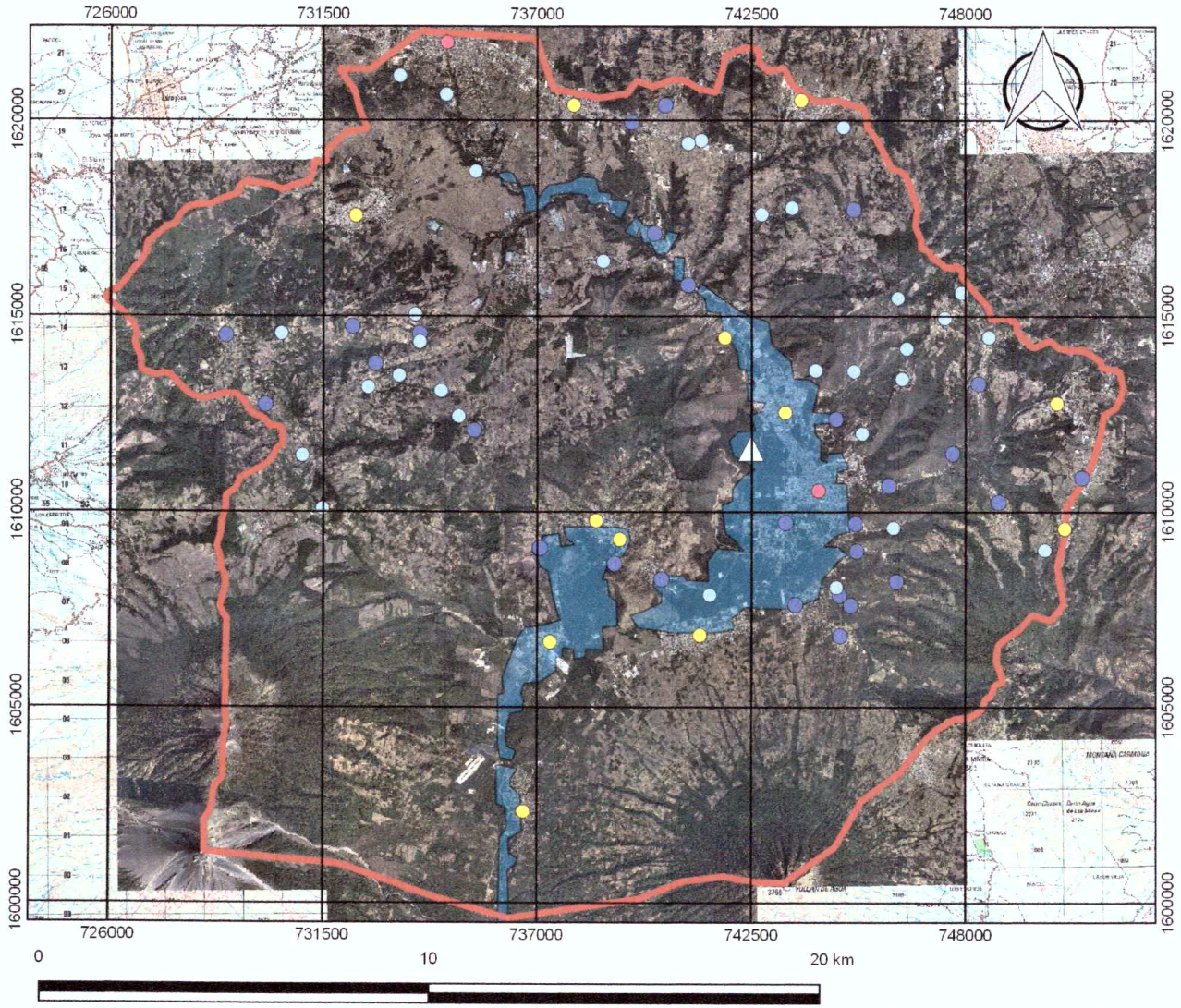


Leyenda

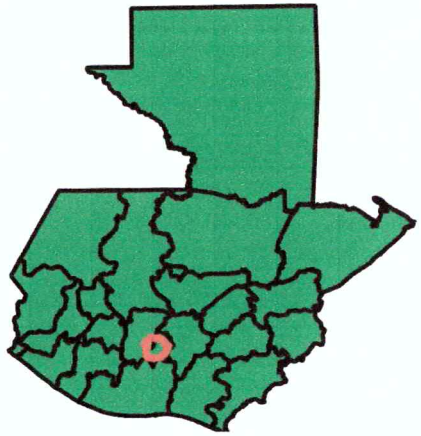
- Caseríos
- Pueblos
- Aldeas
- Ciudad
- Zona de deslizamiento
- Parteaguas o Divisoria de aguas

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Zona de inundación en la Cuenca del Río Guacalate



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

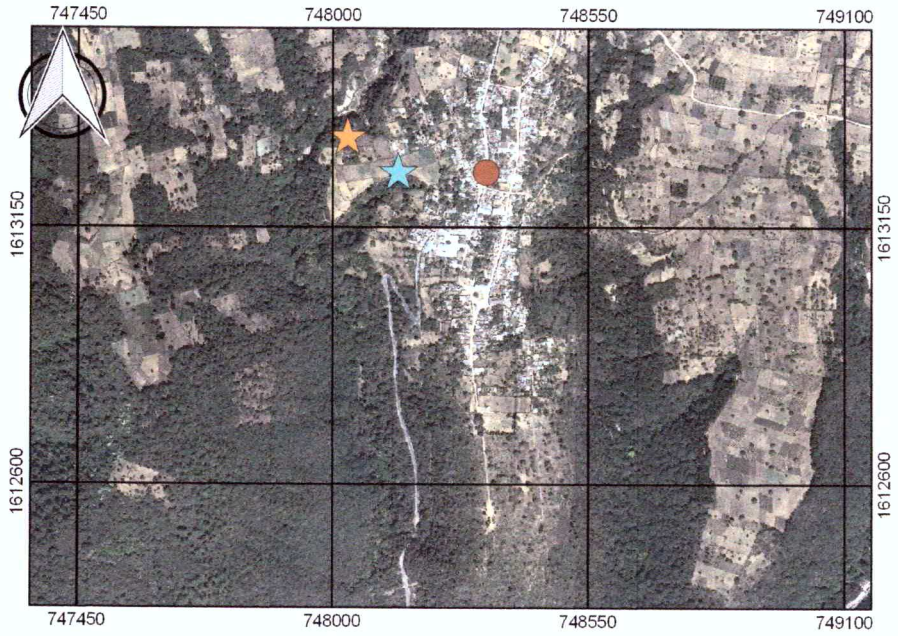


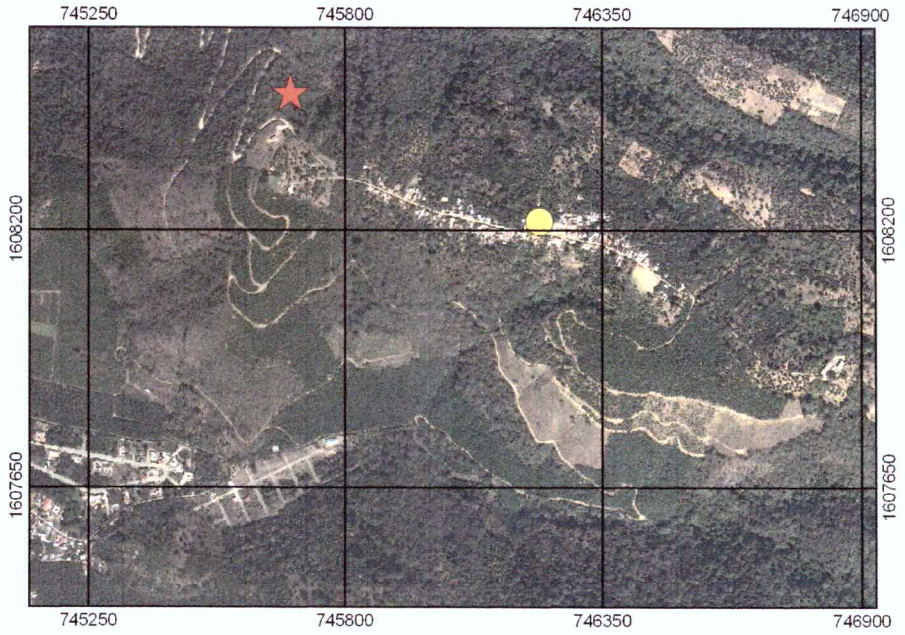
Leyenda

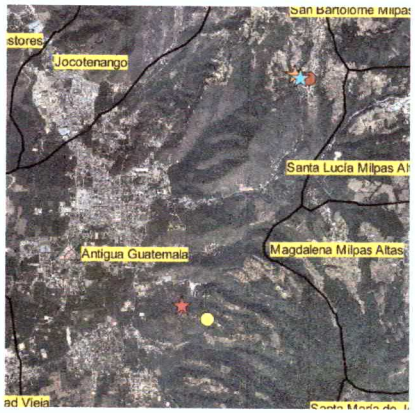
- Caseríos
- Pueblos
- Aldeas
- Ciudad
- Zona de inundación
- Parteaguas o Divisoria de aguas

Juan Esteban Wyss
Septiembre, 2017

Ubicación de las plantas de tratamiento en Antigua Guatemala







0 1 2 km

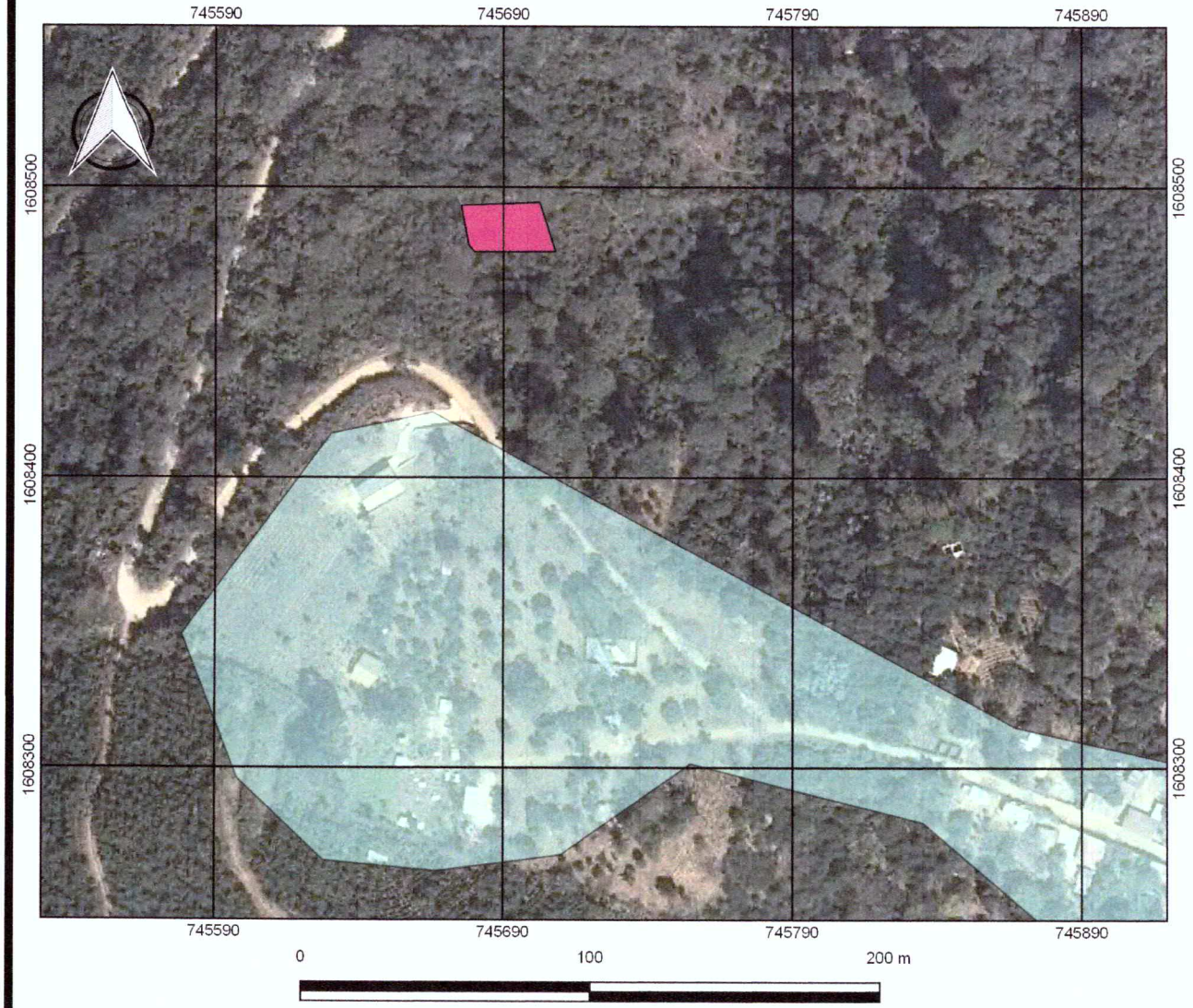
Leyenda

- San Mateo Milpas Altas
- Planta de Tratamiento San Mateo Milpas Altas 1
- Planta de Tratamiento San Mateo Milpas Altas 2
- San Cristóbal El Alto
- Planta de Tratamiento San Cristóbal El Alto

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

José Ernesto Del Cid
Agosto, 2017

Plantas de Tratamiento de Antigua Guatemala en San Cristóbal El Alto



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

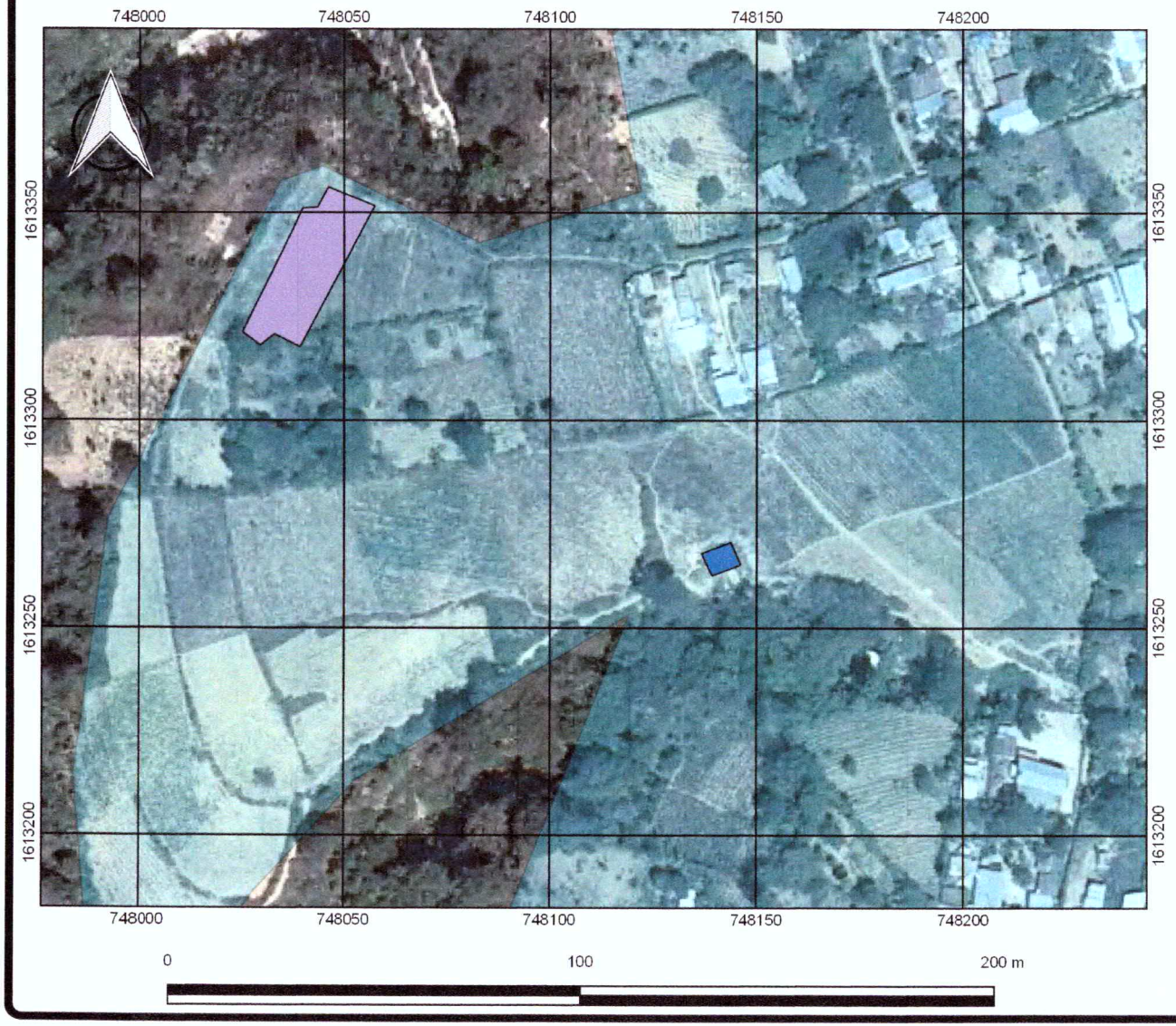


Leyenda

- Planta de Tratamiento
- San Cristóbal El Alto

José Ernesto del Cid
Agosto, 2017

Plantas de Tratamiento de Antigua Guatemala en San Mateo Milpas Altas



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

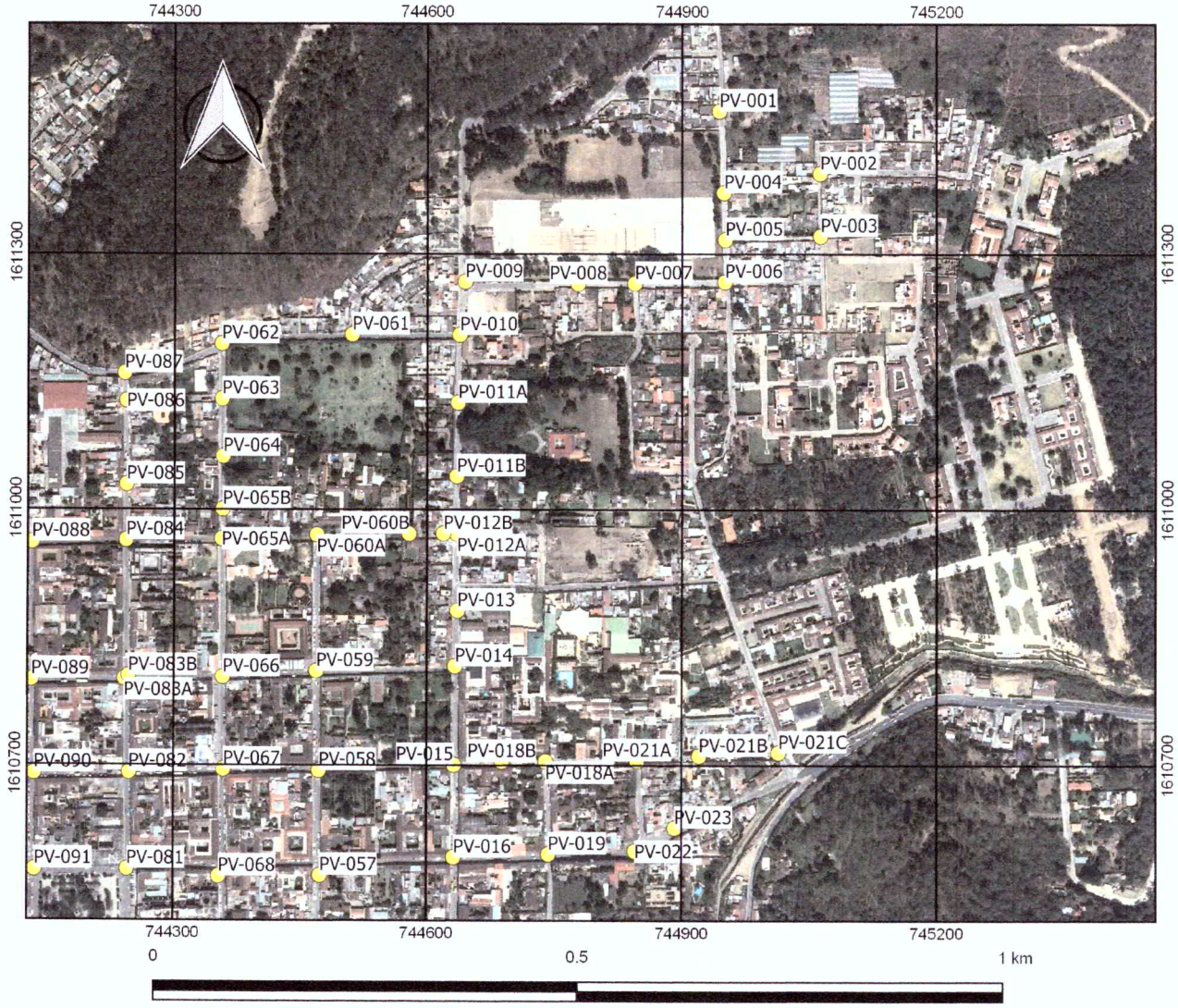


Leyenda

- Planta de Tratamiento 1
- Planta de Tratamiento 2
- San Mateo Milpas Altas

José Ernesto del Cid
Agosto, 2017

Pozos de visita nordeste de La Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

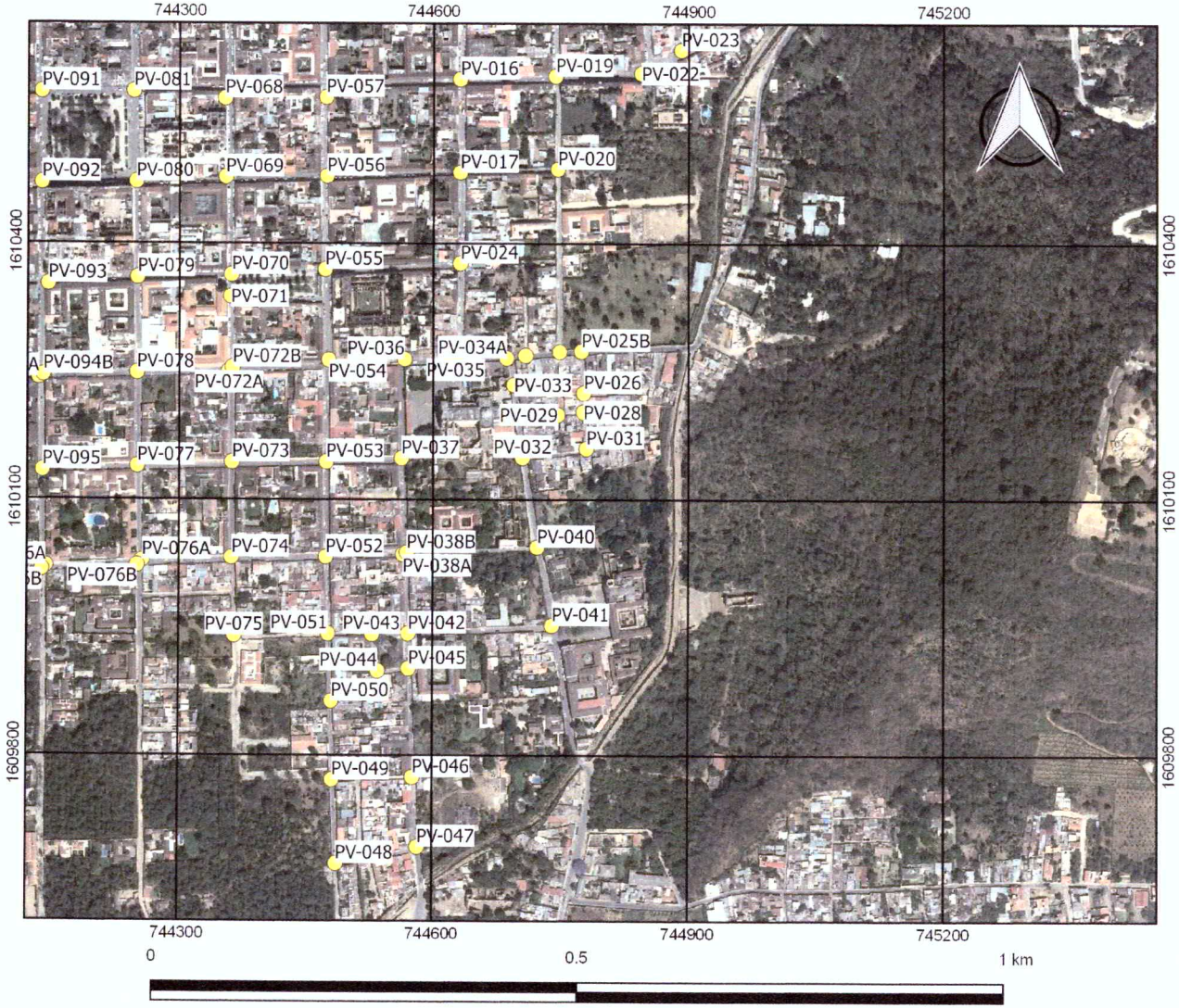


Leyenda

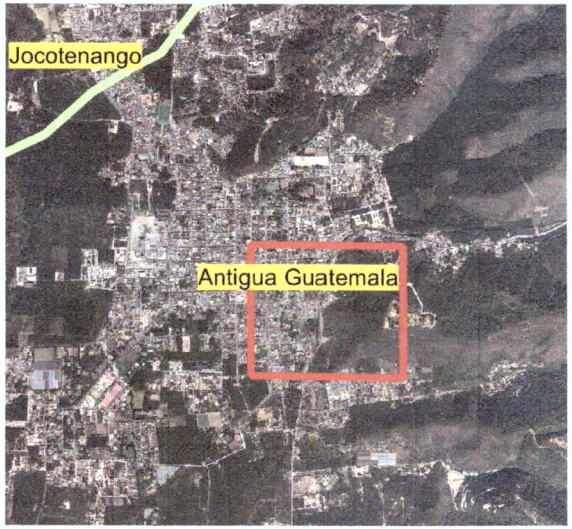
Antigua Guatemala

Carlos A. Gutiérrez Abril
Septiembre, 2017

Pozos de visita sureste de La Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

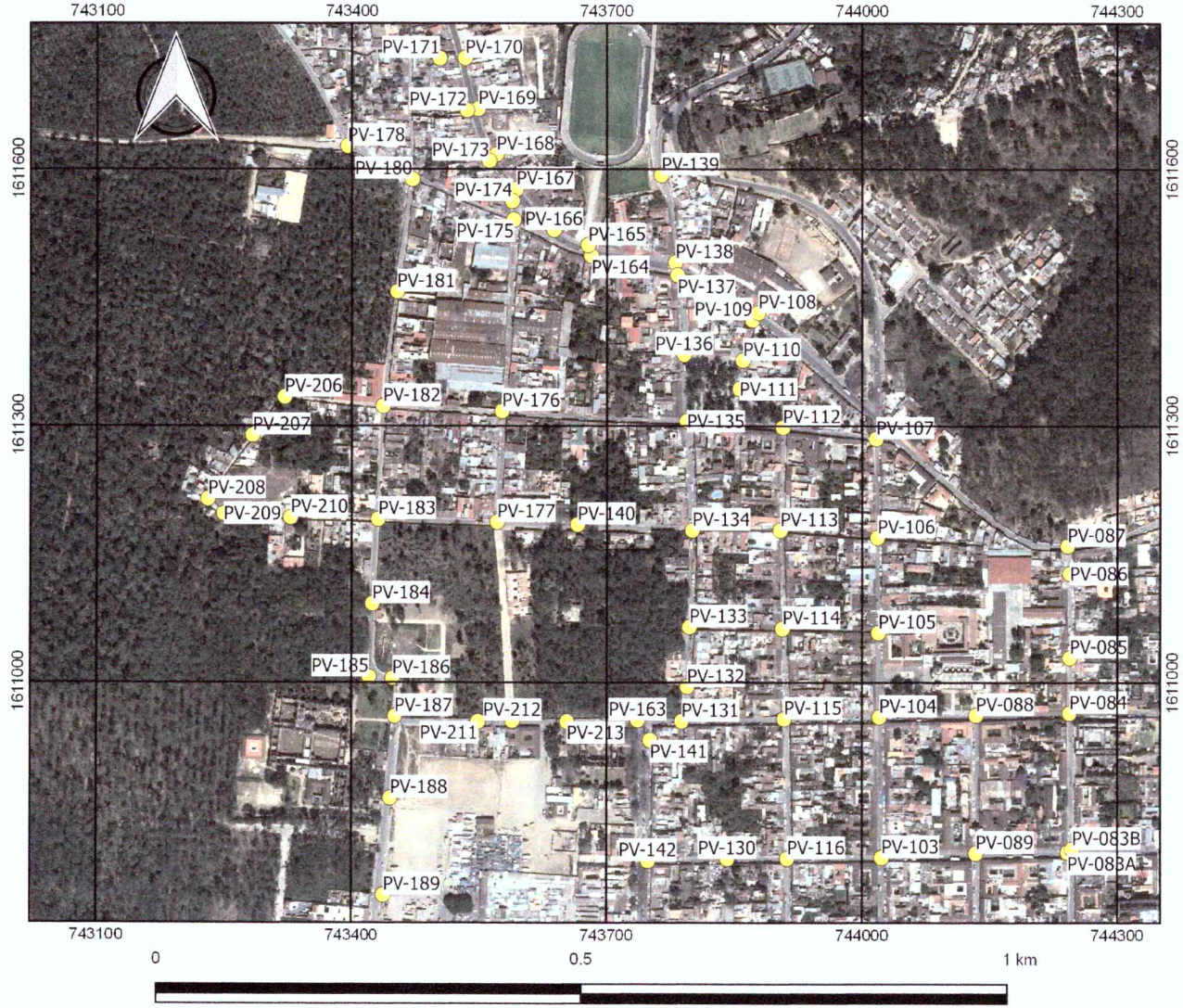


Leyenda

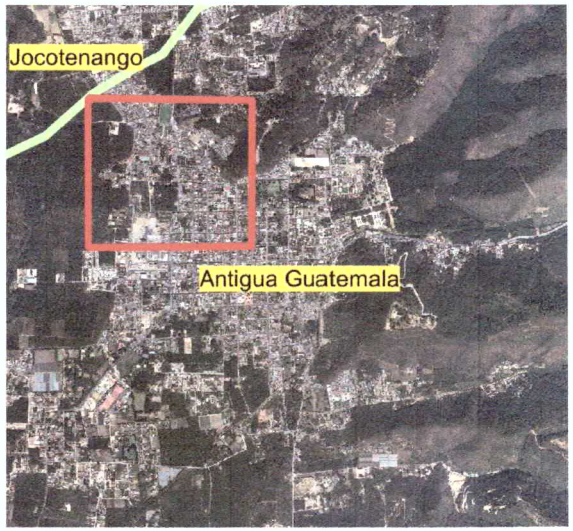
Antigua Guatemala

Carlos A. Gutiérrez Abril
Septiembre, 2017

Pozos de visita noroeste de La Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



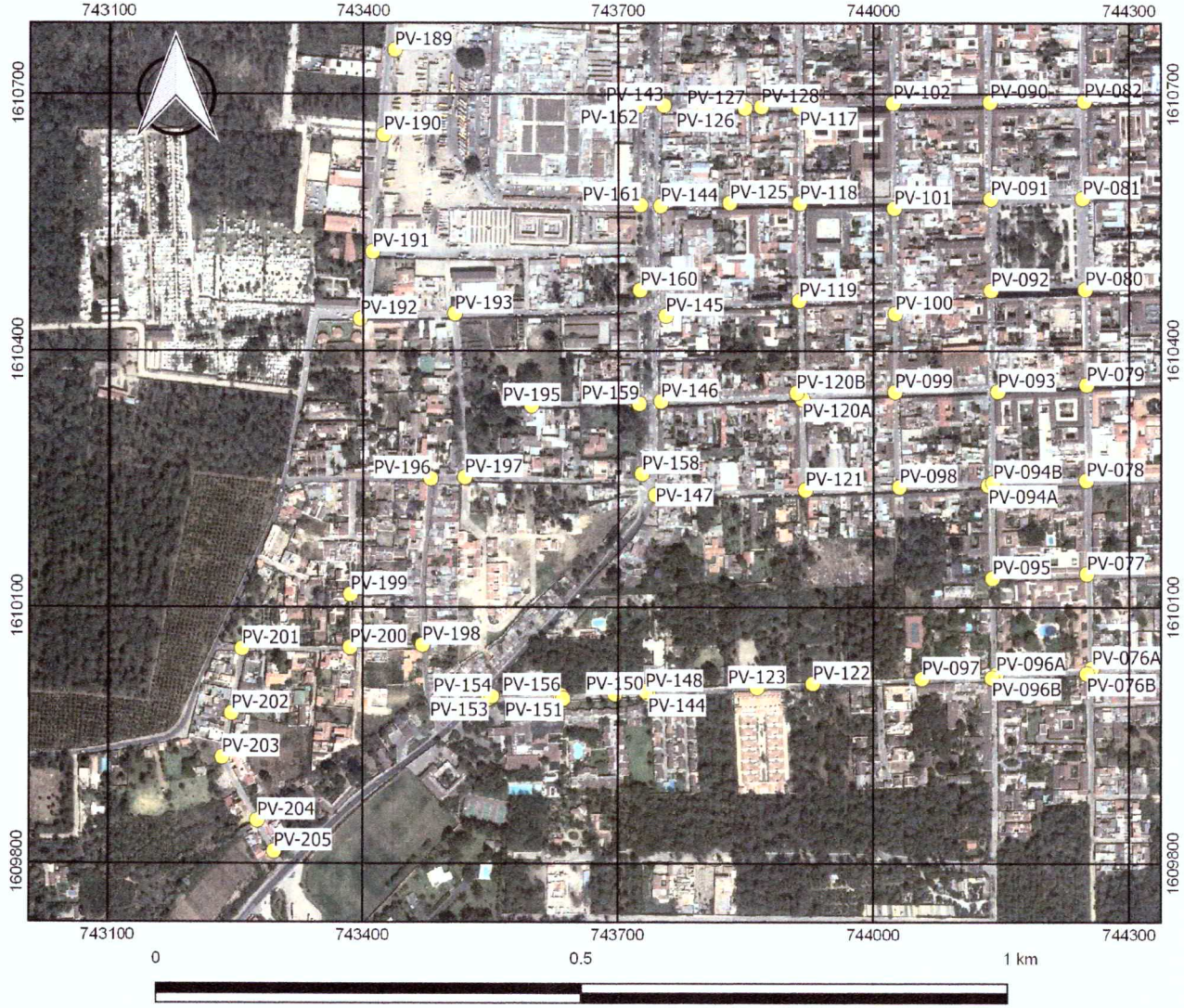
Leyenda

Antigua Guatemala

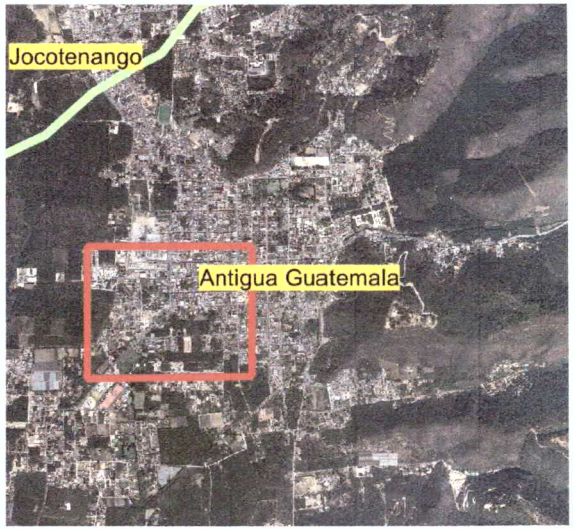
Carlos A. Gutiérrez Abril
Septiembre, 2017

551

Pozos de visita suroeste de La Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

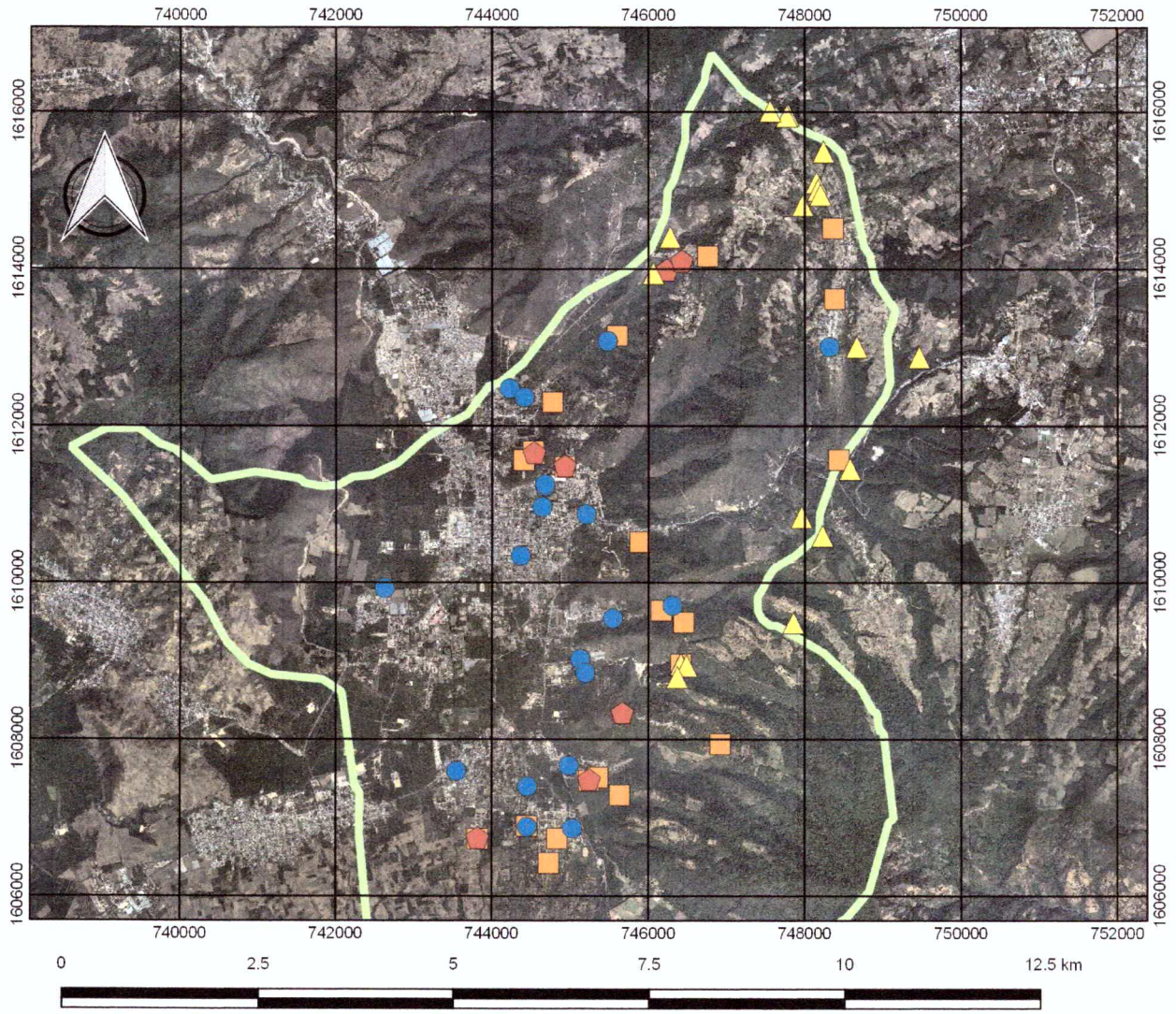


Leyenda

Antigua Guatemala

Carlos A. Gutiérrez Abril
Septiembre, 2017

Elementos del sistema de agua potable de Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

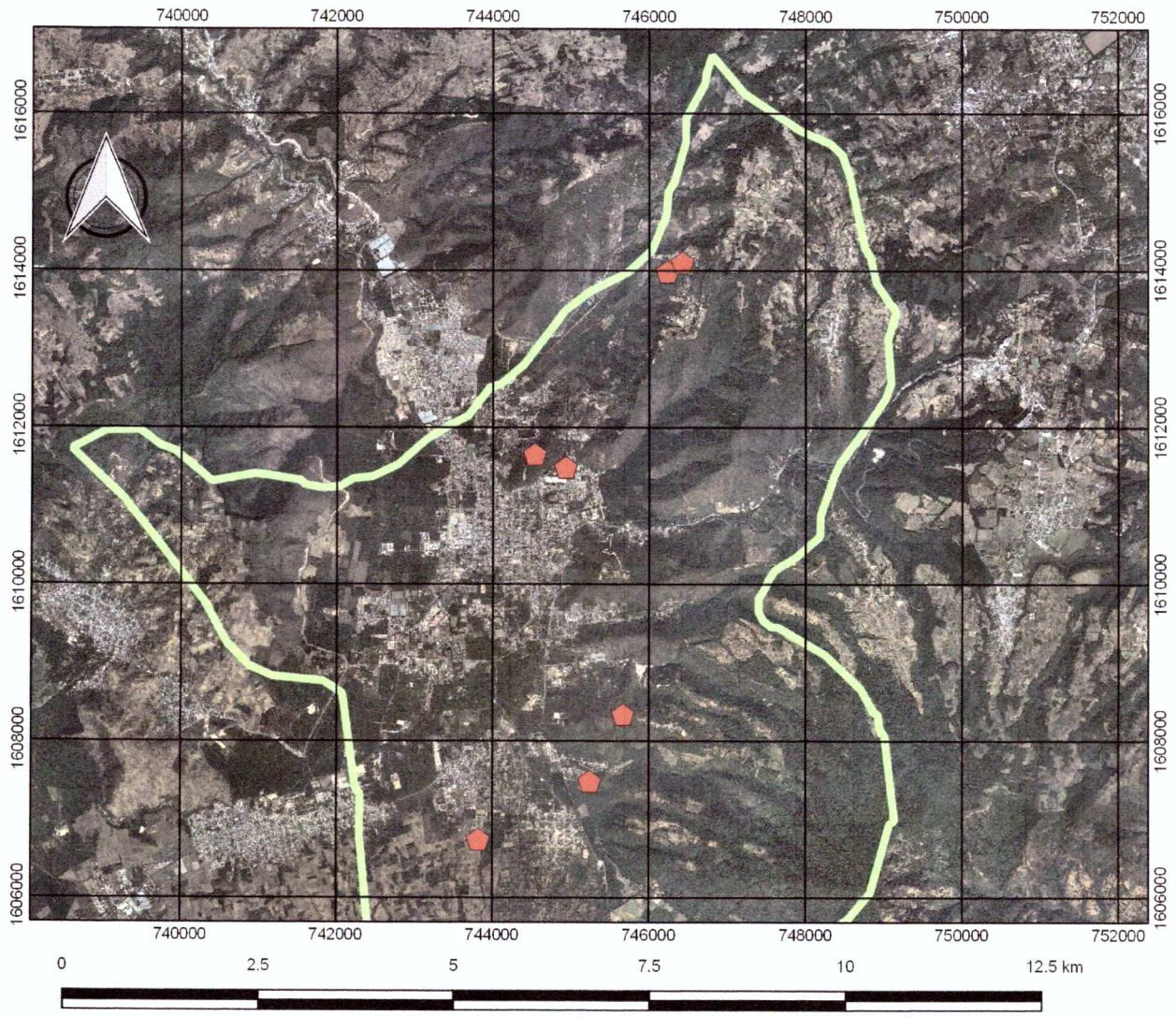


Leyenda

- Tanques de distribución
- Pozos
- Nacimientos
- Rebombeos
- Antigua Guatemala

Raffaello Marinelli
Septiembre, 2017

Estaciones de rebombeo de Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

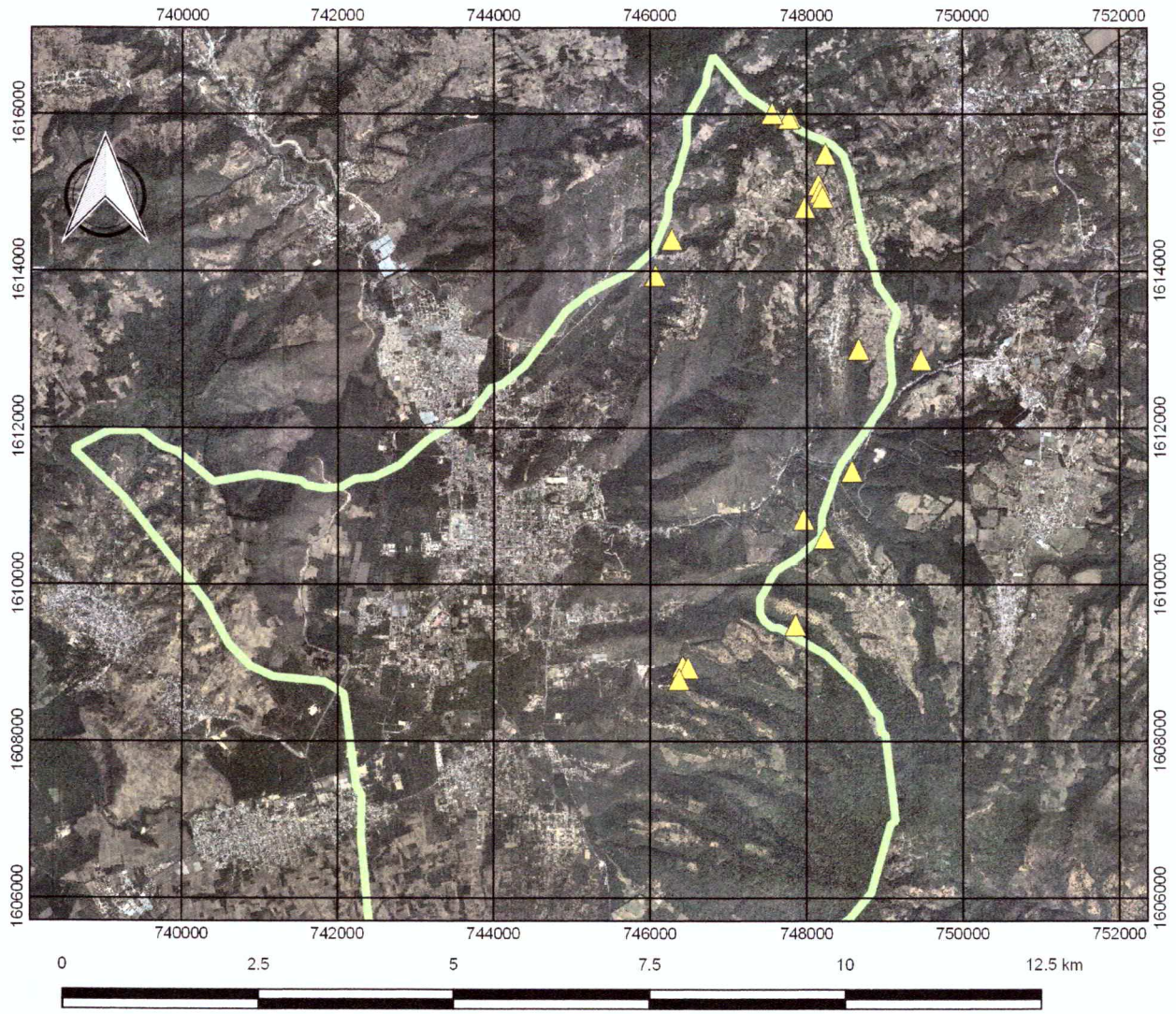


Leyenda

- Estaciones de rebombeo
- Antigua Guatemala

Raffaello Marinelli
Septiembre, 2017

Nacimientos de Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

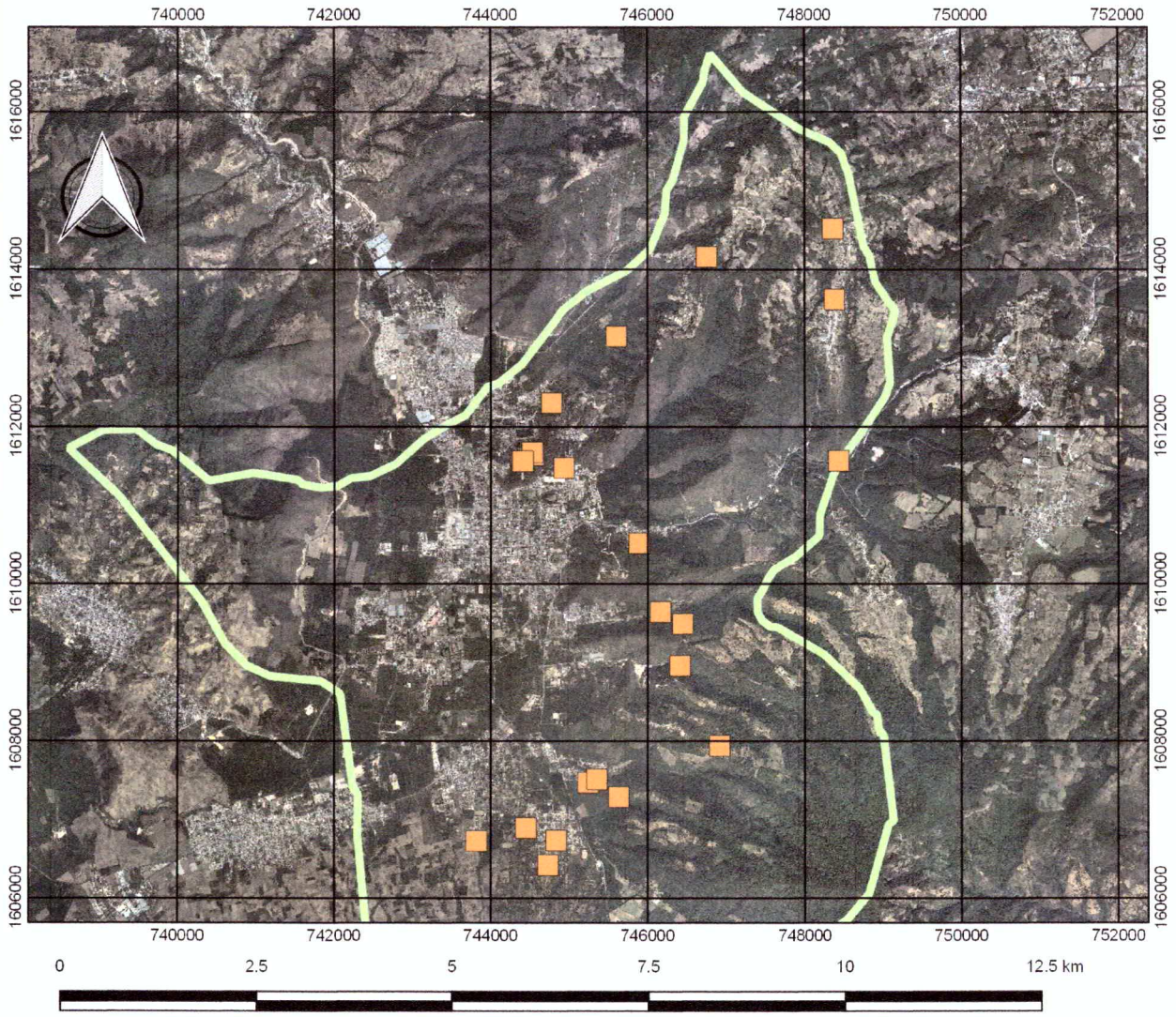


Leyenda

- Nacimientos
- Antigua Guatemala

Raffaello Marinelli
Septiembre, 2017

Tanques de distribución de Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

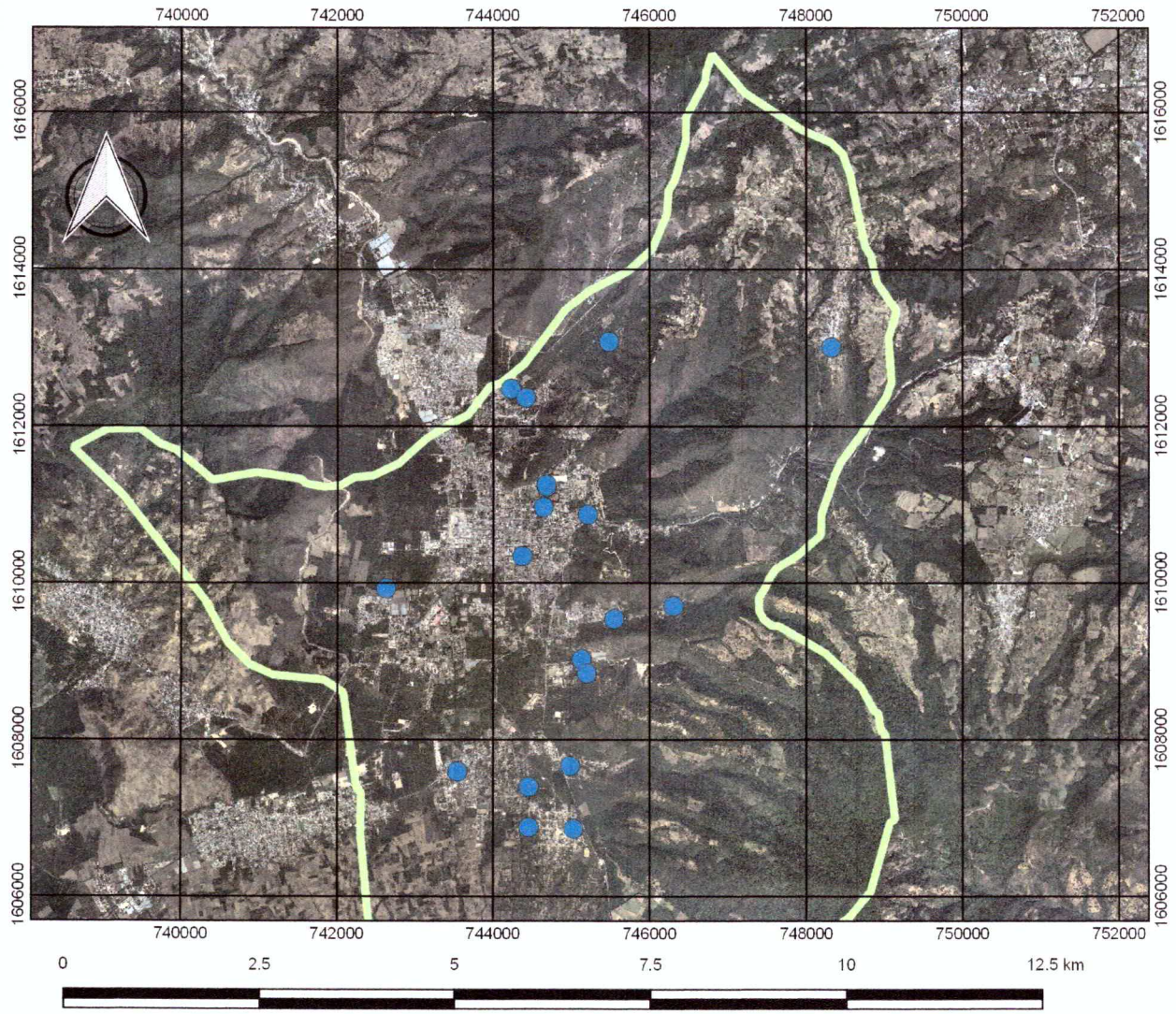


Leyenda

- Tanques de distribución
- Antigua Guatemala

Raffaello Marinelli
Septiembre, 2017

Pozos de Antigua Guatemala



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

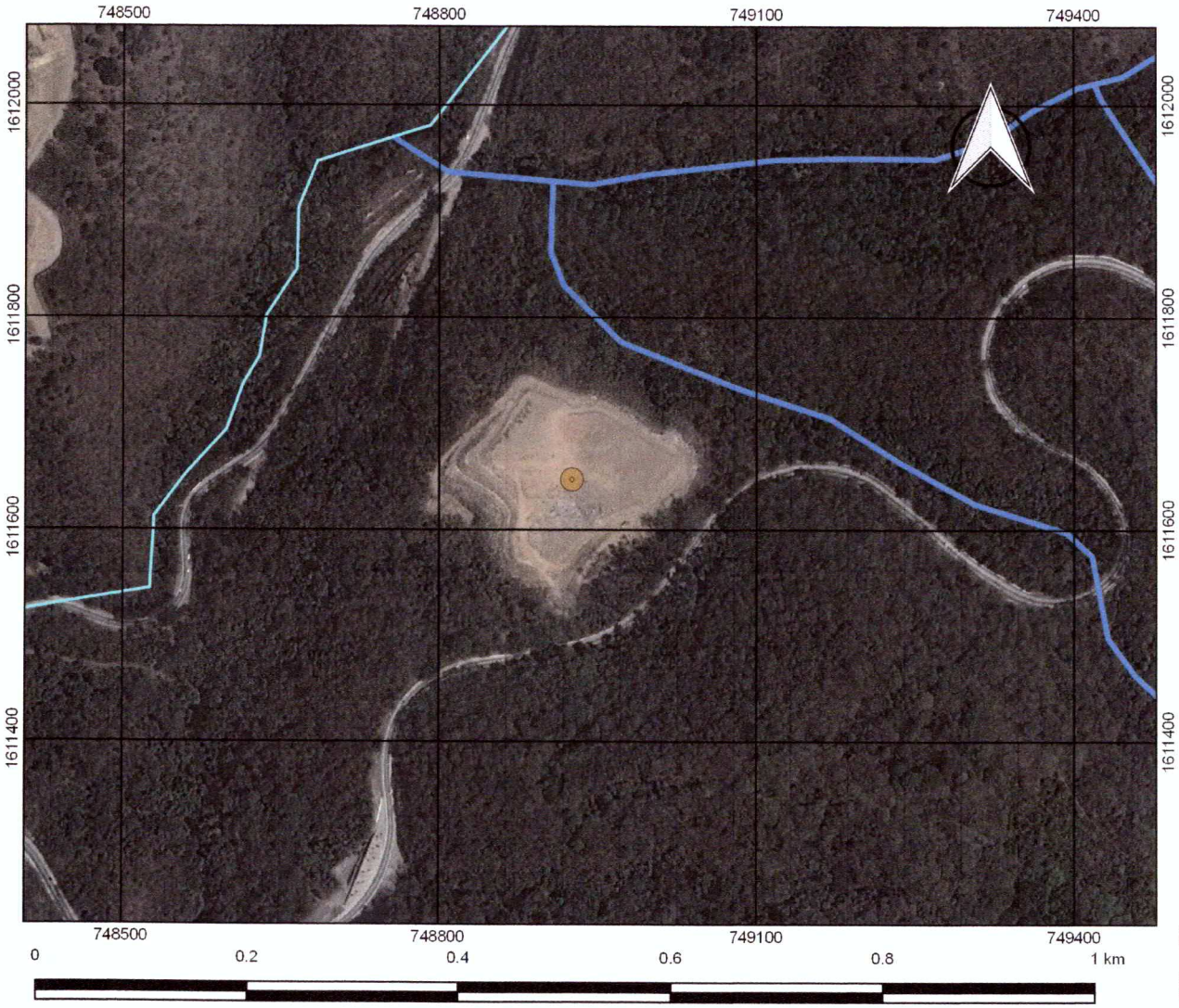


Leyenda

- Pozos
- Antigua Guatemala

Raffaello Marinelli
Septiembre, 2017

Ubicación y localización del vertedero sanitario "El Choconal"



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



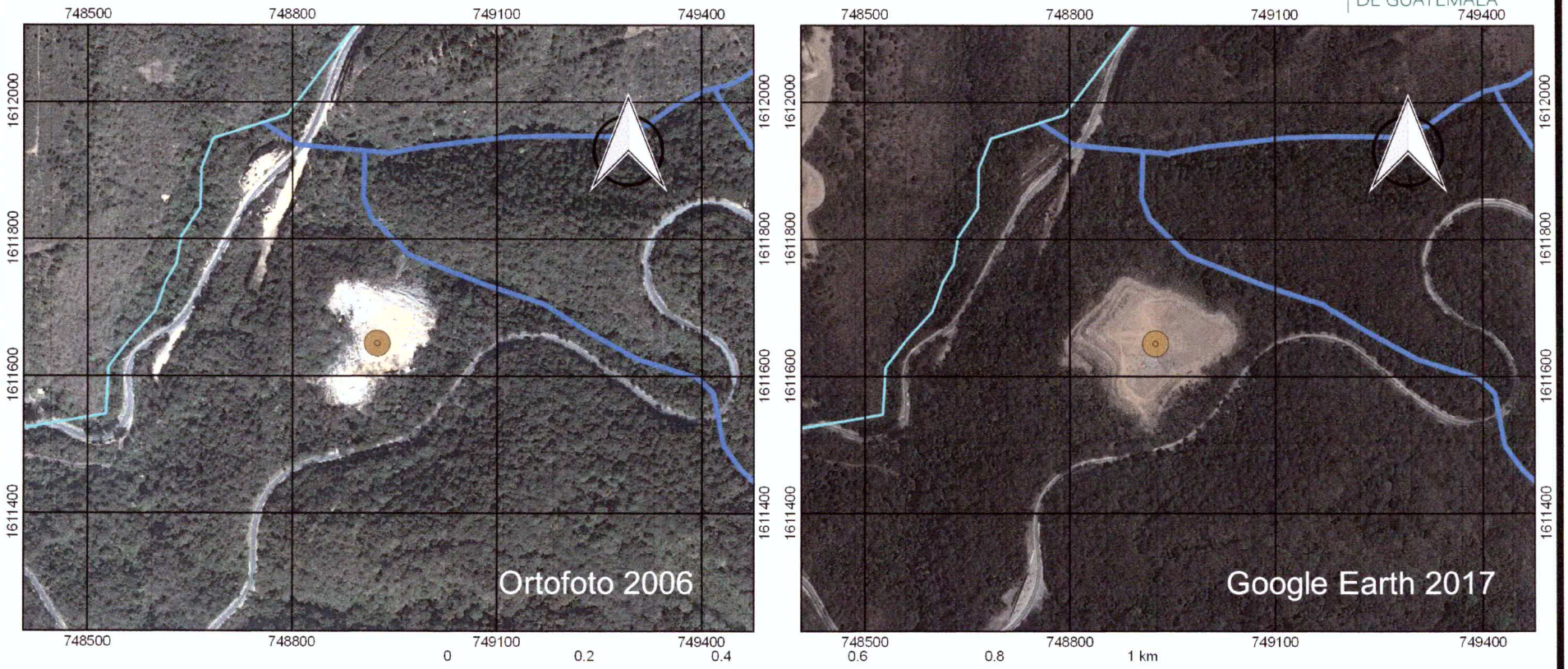
Leyenda

- El Choconal
- Río Manzano
- Río Las Cañas

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

Crecimiento Territorial del vertedero sanitario "El Choconal"

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

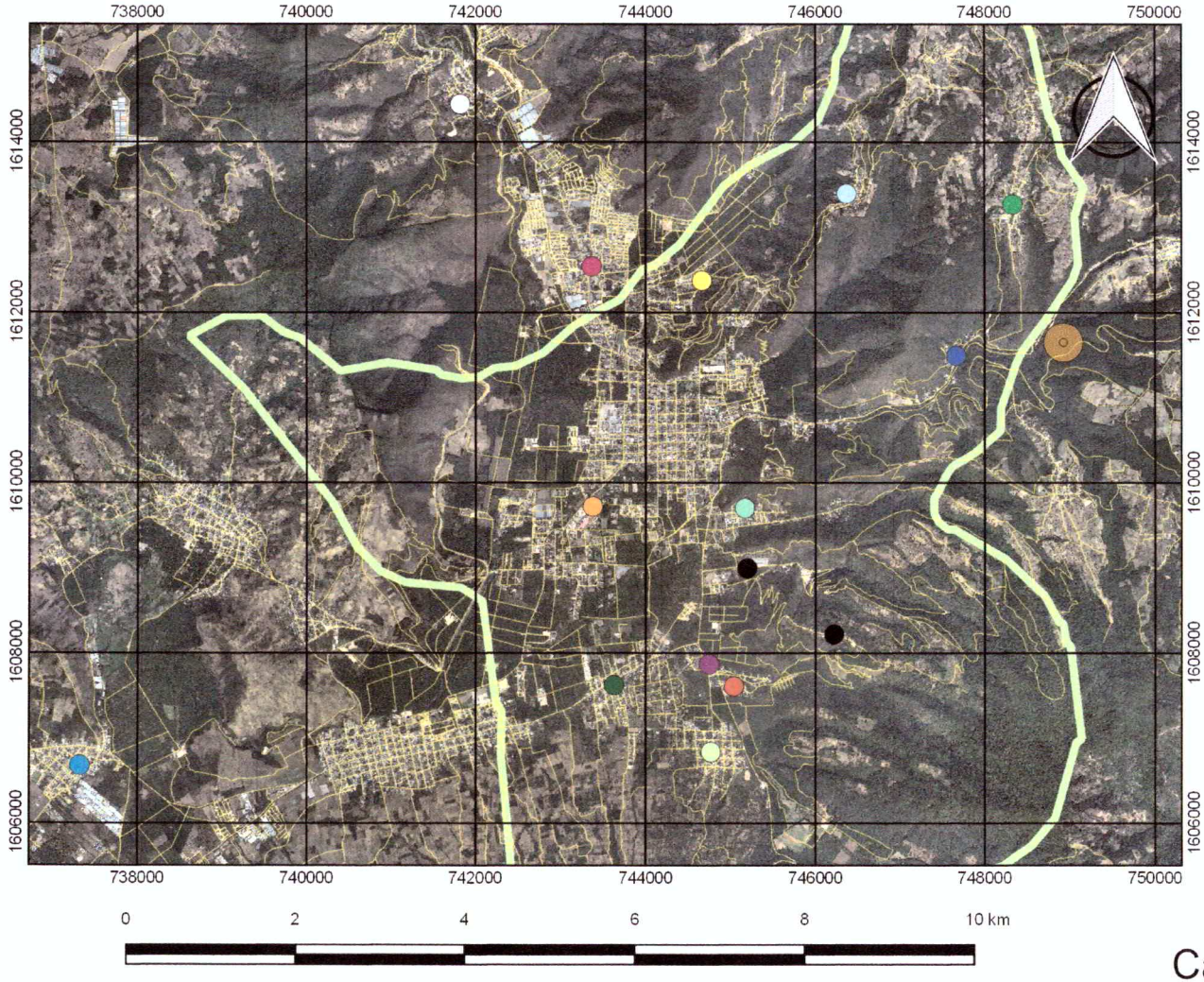


Leyenda

- El Choconal
- Río Manzano
- Río Las Cañas

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

Usuarios del vertedero sanitario "El Choconal"



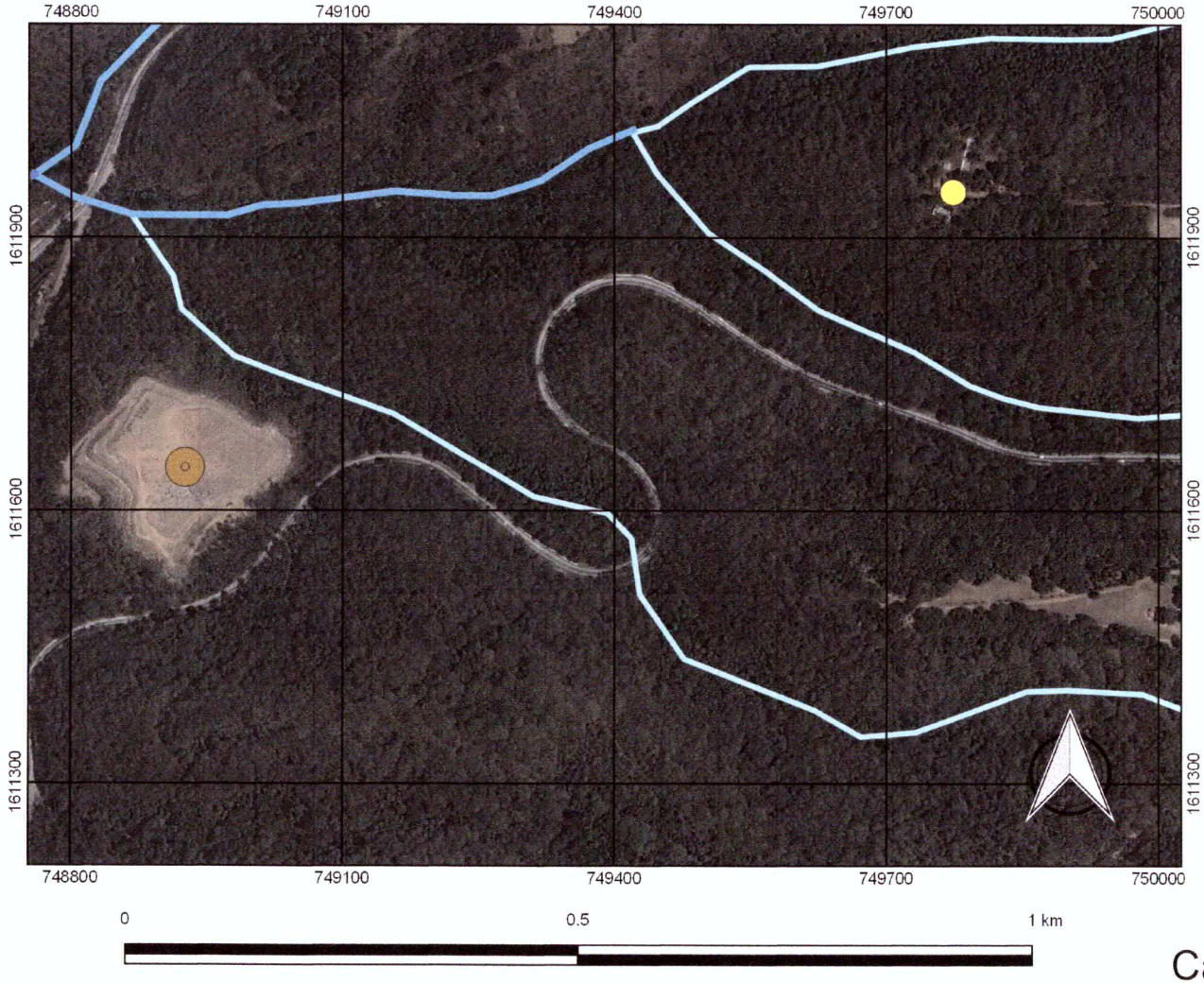
UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Leyenda

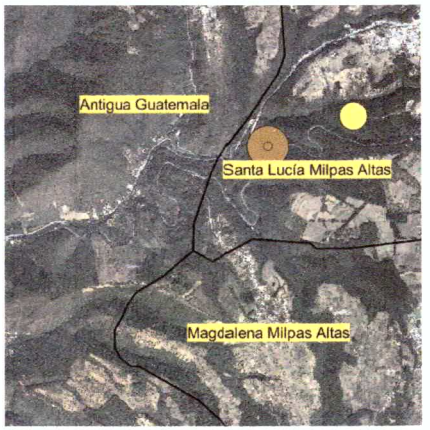
- Pastores
- Jocotenango
- San Miguel Dueñas
- San Juan Gascón
- San Gaspar
- Santa Ana
- Santa Catarina
- San Bartolomé
- San Juan El Obispo
- San Pedro Las Huertas
- San Mateo Milpas Altas
- San Cristóbal
- San Felipe de Jesús
- El Hato
- El Choconal
- Antigua Guatemala

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

Ubicación y localización de Finca Florencia



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



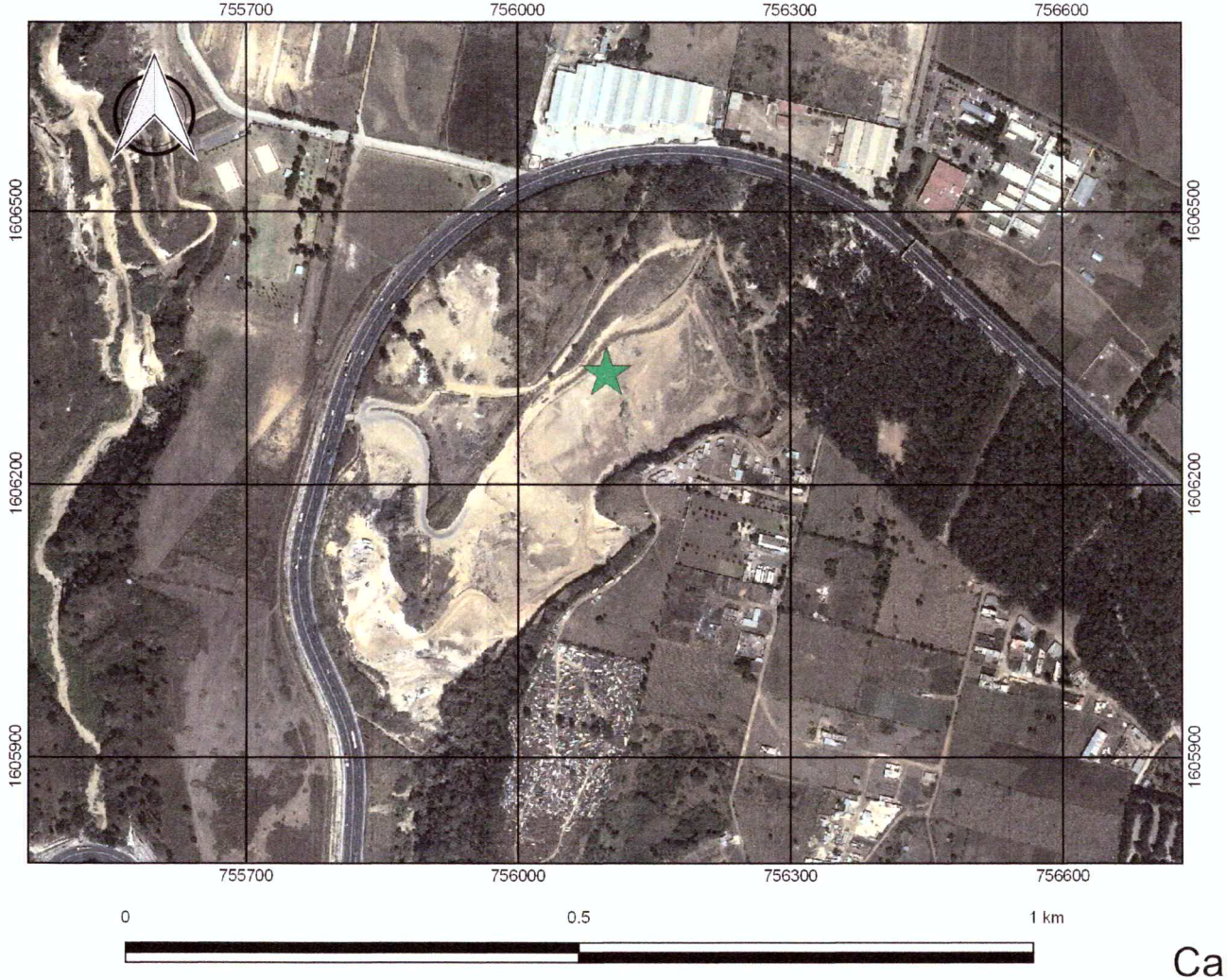
Leyenda

- Finca Florencia
- El Choconal
- Río Manzano

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

571

Ubicación y localización vertedero sanitario "AMSA"



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



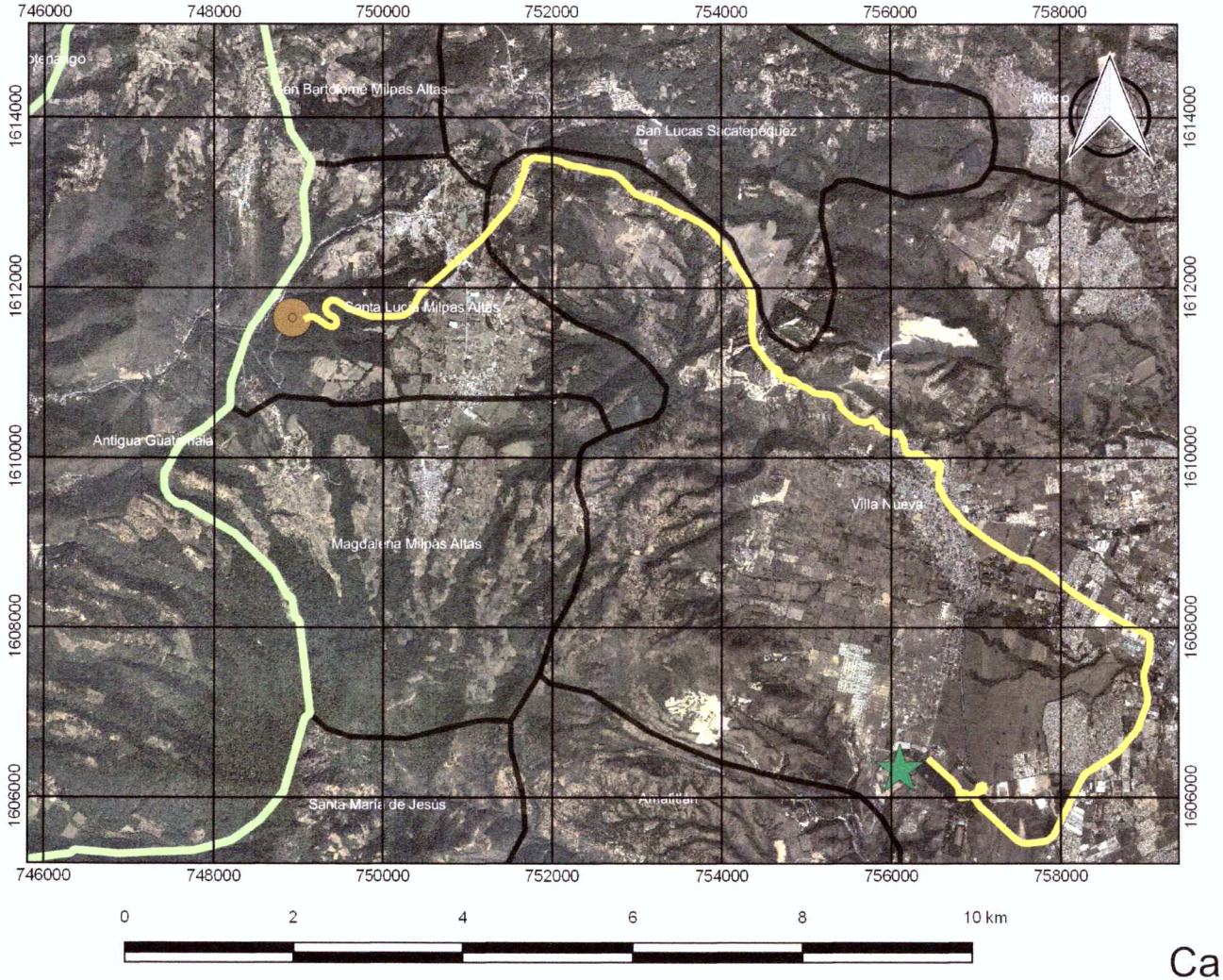
Leyenda

- Finca Florencia
- El Choconal
- Amsa

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

573

Ruta por Bárcenas entre El Choconal y AMSA



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Leyenda

- El Choconal
- AMSA
- Ruta (20.00km)
- Antigua Guatemala
- Municipios

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

575

Usuarios del vertedero sanitario "AMSA"



UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Leyenda

- Amsa
- Cuenca Amatitlan
- La Antigua Guatemala
- Pastores
- Jocotenango
- Ciudad de Guatemala
- San Pedro Sacatepéquez
- San Antonio Aguas Calientes
- Magdalena Milpas Altas
- Santa Lucia Milpas Altas
- San Vicente Pacaya
- Santa Catarina Pinula
- Fraijanes
- Mixco
- Palín
- Ciudad Vieja
- San Lucas Sacatepéquez
- San Miguel Petapa
- Villa Canales
- Amatitlán
- Villa Nueva
- Municipios

Carlos Roberto López Castillo
Septiembre, 2017

X. GLOSARIO

AGUA INSALUBRE: Agua contaminada por presencia de materiales tóxicos y organismos perjudiciales para la salud.

BIOINDICADORES: organismo vivo que se utiliza para determinar y evaluar el índice de contaminación de un lugar, especialmente de la atmósfera o del agua.

CAJA ROMPE PRESIÓN: Estructuras pequeñas que disminuyen la presión hidrostática a la presión atmosférica. Se aplican en líneas de conducción y redes de distribución cuando el desnivel entre el punto de llegada y punto de salida es grande.

CARGA: el resultado de multiplicar el caudal por la concentración, determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

CAUDAL MÁXIMO DIARIO: Caudal de demanda máxima que se presenta en un día del año.

CAUDAL MÁXIMO HORARIO: Corresponde al caudal de demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo.

CUERPO RECEPTOR: embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

DBO5: es la medición del DBO en un intervalo de cinco días.

DEM: Digital Elevation Model en inglés. Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Es una representación 3D de la superficie terrestre.

DEPÓSITO DE COMPENSACIÓN: Embalse que se construye para captar el excedente de agua en época lluviosa y así mantener un caudal mínimo que pueda satisfacer la demanda en época seca.

ENTORNO HABITUAL: el entorno habitual de una persona, concepto clave en turismo, se define como la zona geográfica (aunque no necesariamente contigua) en la que una persona realiza sus actividades cotidianas habituales.

ESKATOL: es un compuesto orgánico blanco cristalino medianamente tóxico derivado del indol, se utiliza en fijadores y perfumes, pero contiene un fuerte olor característico de heces. PÉRDIDAS LOCALES: Pérdidas de energía debido a accesorios, tales como codos, válvulas y otros.

ENTES GENERADORES: la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

EUTROFIZACIÓN: es el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.

EXCURSIONISTA (O VISITANTE DEL DÍA): un visitante (interno, receptor o emisor) se clasifica como turista (o visitante que pernocta), si su viaje incluye una pernoctación, o como visitante del día (o excursionista) en caso contrario.

FORMAS DE TURISMO**:** existen tres formas fundamentales de turismo: el turismo interno, turismo receptor y turismo emisor. Estas pueden combinarse de diferentes modos para dar lugar a las siguientes otras formas de turismo: turismo interior, turismo nacional y turismo internacional.

INDOL: es un compuesto orgánico que en estado puro expide un fuerte olor fecal, encontrado en la naturaleza en aceites de flores y la destilación seca del alquitrán.

MATERIAL COLOIDAL: es una mezcla homogénea de sustancias en dos fases, una de ellas es el dispersante (disolvente) y la otra dispersa (soluto).

MERCAPTANO: es un químico inofensivo y no tóxico, que contiene sulfuro y posee un olor a huevo podrido. Es utilizado en el gas natural, como farmacéuticos y aditivos de alimentos para animales.

NATA: grasa, sólidos, líquidos y espuma removida de la superficie de los estanques de sedimentación de aguas residuales.

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN: Pérdidas de energía debido a la fricción entre el líquido y las paredes de la tubería.

POLUCIÓN: contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.

QGIS: Quantum Geographic Information System. Es un software para sistemas de información geográfica.

RUGOSIDAD: Conjunto de variaciones en una superficie. Este parámetro afecta las pérdidas por fricción ya que entre más rugoso sea el material, más pérdidas de fricción va a tener el agua.

SHAPE: Es un formato de archivo informático que almacena entidades geométricas de los objetos para su aplicación en programas de Sistemas de Información Geográfica.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SISTEMA CENTRALIZADO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: Son sistema que cuentan con alcantarillado de recogida, que se encargar de tratar las aguas residuales de toda una zona de servicio.

SISTEMA DESCENTRALIZADO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: Sistema de un tamaño reducido de un sistema centralizado, que contiene el sistema de recogida, tratamiento y dispersión de la misma para hogares, residencias o comunidades aisladas.

SÓLIDOS COLOIDALES: Son partículas pequeñas que no se sedimentan por métodos convencionales por lo que tienen que ser agrupados en partículas más grandes (coagulación).

SÓLIDOS SEDIMENTALES: Es la fracción de sólidos en suspensión capaz de separarse del agua residual por sedimentación.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: Son los sólidos que quedan retenidos por un filtro.

TURISMO EMISOR: el turismo emisor abarca las actividades realizadas por un visitante residente fuera del país de referencia, como parte de un viaje turístico emisor o de un viaje turístico interno.

TURISMO INTERIOR: el turismo interior engloba el turismo interno y el turismo receptor, a saber, las actividades realizadas por los visitantes residentes y no residentes en el país de referencia, como parte de sus viajes turísticos internos o internacionales.

TURISMO INTERNACIONAL: el turismo internacional incluye el turismo receptor y el turismo emisor, es decir, las actividades realizadas por los visitantes residentes fuera del país de referencia, como parte de sus viajes turísticos internos o emisores, y las actividades realizadas por los visitantes no residentes en el país de referencia, como parte de sus viajes turísticos receptores.

TURISMO INTERNO: el turismo interno incluye las actividades realizadas por un visitante residente en el país de referencia, como parte de un viaje turístico interno o de un viaje turístico emisor.

TURISMO NACIONAL: el turismo nacional abarca el turismo interno y el turismo emisor, a saber, las actividades realizadas por los visitantes residentes dentro y fuera del país de referencia, como parte de sus viajes turísticos internos o emisores.

TURISMO RECEPTOR: engloba las actividades realizadas por un visitante no residente en el país de referencia, como parte de un viaje turístico receptor.

TURISTA (O VISITANTE QUE PERNOCTA): un visitante (interno, receptor o emisor) se clasifica como turista (o visitante que pernocta), si su viaje incluye una pernoctación.

UTM: Universal Transverse Mercator, sistema de coordenadas internacional. Para Guatemala, UTM Z15N y UTM Z16N

VÁLVULA DE AIRE: Válvula que permite remover el aire disuelto del agua dentro de la tubería. Se ubican en las partes más elevadas del sistema de tuberías ya que ahí se concentra el aire disuelto en forma de burbujas.

VÁLVULA DE PURGA: Válvula que permite remover material de arrastre y sedimento de la línea de conducción. Se ubican en las partes más bajas de la línea.

VIAJE / TURISMO: el término viaje designa la actividad de los viajeros. Un viajero es toda persona que se desplaza entre dos lugares geográficos distintos por cualquier motivo y duración. El visitante es un tipo de viajero y, por lo tanto, el turismo es un subconjunto de viaje.

VISITA: un viaje se compone de visitas a diferentes lugares. El término "visita turística" hace referencia a una estancia en un lugar visitado durante un viaje turístico.

VISCOSIDAD: Resistencia a corte de un fluido. Es la resistencia hacia un flujo ante la aplicación de fuerza.