

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá con enfoque en el
aprovechamiento del recurso hídrico

Trabajo de megaproyecto presentado por

Elio Emanuel Berganza Sandoval, Sergio Alberto de Jesús Chacón Medina, José
Roberto Contreras González, Erick Aníbal Juárez Padilla, Daniel Alejandro Rodríguez
Morales y Mario Rolando Torres Olivares para optar al grado académico de
Licenciados en Ingeniería Civil; y Gabriel Eduardo de León Moreira para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica.

Guatemala

2017

Estudio de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá
con enfoque en el aprovechamiento del recurso
hídrico

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá con enfoque en el
aprovechamiento del recurso hídrico

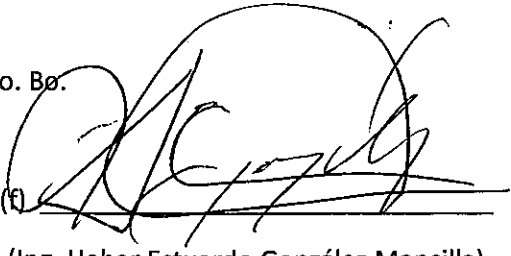
Trabajo de megaproyecto presentado por

Elio Emanuel Berganza Sandoval, Sergio Alberto de Jesús Chacón Medina, José
Roberto Contreras González, Erick Aníbal Juárez Padilla, Daniel Alejandro Rodríguez
Morales y Mario Rolando Torres Olivares para optar al grado académico de
Licenciados en Ingeniería Civil; y Gabriel Eduardo de León Moreira para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica.

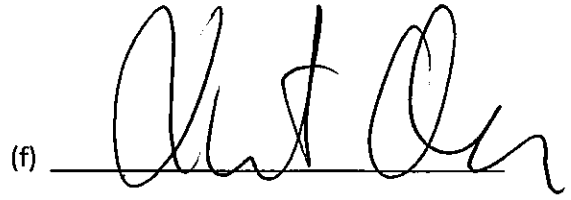
Guatemala

2017

Vo. Bø.

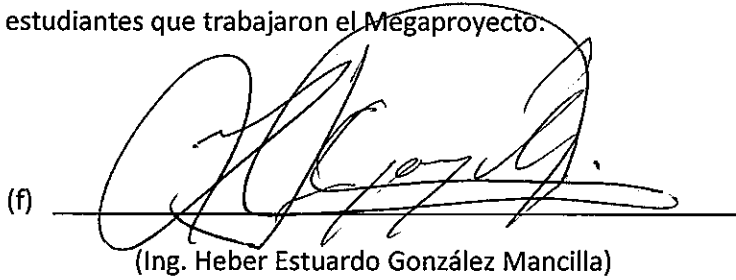
(f) 

(Ing. Heber Estuardo González Mancilla)

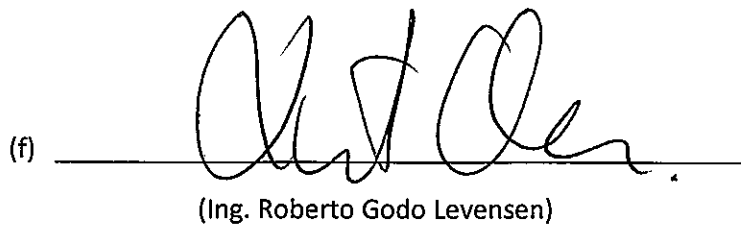
(f) 

(Ing. Roberto Godo Levensen)

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto.

(f) 
(Ing. Heber Estuardo González Mancilla)

(f) 
(Ing. Víctor Hugo Ayerdi Bardales)

(f) 
(Ing. Roberto Godo Levensen)

Fecha de aprobación: Guatemala, 17 de enero de 2017.

ÍNDICE

LISTADO DE CUADROS	xvii
LISTADO DE ILUSTRACIONES	xxi
LISTADO DE GRÁFICAS	xxvii
LISTADO DE TABLAS	xxix
LISTADO DE ECUACIONES	xxxi
RESUMEN.....	xxxiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	5
A. Objetivo general	5
B. Objetivos específicos	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	7
A. Marco de referencia	7
1. Cuencas hidrográficas..	7
2. Clasificación de cuencas en Guatemala.....	8
3. Subcuenca del Río Xayá..	10
4. Subcuenca del Río Pixcayá.....	10
5. Área de interés.....	11
6. Acueducto Nacional Xaya-Pixcayá.....	14
B. Hidrología.....	14
1. Ciclo hidrológico.....	14
2. Precipitación.	16
3. Evapotranspiración.	16
4. Infiltración.....	17
5. Escorrentía.....	18
6. Coeficiente de escorrentía.....	18

7.	Recarga hídrica.....	18
8.	Zonas de recarga hídrica.....	19
9.	Clasificación de las zonas de recarga.....	19
10.	Factores que afectan la recarga hídrica.....	20
11.	Recarga hídrica artificial.....	29
12.	Metodología para la determinación de la velocidad de infiltración del suelo a través del método del cilindro invertido.....	33
13.	Año hidrológico.....	34
14.	Cursos perennes o permanentes.....	35
15.	Cursos intermitentes.....	35
16.	Cursos efímeros.....	35
17.	Caudal.....	35
18.	Curva de duración de caudales.....	35
19.	Parámetro de forma.....	36
20.	Parámetro de relieve.....	36
C.	Fuentes de abastecimiento de agua alternas.....	37
1.	Agua subterránea.....	37
2.	Reuso del agua domiciliar.....	40
D.	Calidad del agua.....	43
1.	Interés del agua como un recurso sostenible.....	43
2.	Calidad del agua en Guatemala y en la subcuenca Xayá-Pixcayá.....	47
3.	Agua potable.....	55
4.	Agua potable y saneamiento.....	55
5.	Actualidad de los servicios de agua potable.....	56
6.	Parámetros asociados a la calidad del agua.....	57
7.	Normativa de la calidad del agua.....	64
E.	Tipos de sistemas de distribución y fuentes de agua.....	67
1.	Tipos de fuentes de agua.....	67

2.	Sistema de distribución de agua.....	70
3.	Tipos de conducción.....	72
4.	Tipos de tubería para conducción.....	73
F.	Energía.....	74
1.	Transformación del recurso hídrico.....	74
2.	Potencia de la cuenca.....	75
G.	Evaluación financiera para el análisis de inversión.....	76
1.	Flujo de caja.....	76
2.	Valor presente neto.....	77
3.	Costo anual uniforme equivalente.....	79
H.	Objetivos de desarrollo sostenible.....	82
I.	Instrumentos de planificación territorial.....	85
1.	Plan de desarrollo municipal.....	85
2.	Modelo de desarrollo territorial actual.....	86
3.	Plan de ordenamiento territorial -POT.....	87
J.	Generación de energía utilizando una rueda hidráulica.....	88
1.	Historia y evolución.....	88
2.	Funcionamiento general de la rueda hidráulica.....	90
3.	Clasificación de las ruedas hidráulicas según su tipo de admisión de agua.....	91
4.	Materiales utilizados para la construcción de ruedas hidráulicas.....	94
5.	Cálculo de diseño para una rueda de Poncelet.....	94
6.	Análisis del comportamiento de la rueda hidráulica de Poncelet.....	96
7.	Modelado de una rueda de Poncelet.....	101
V.	MARCO JURÍDICO.....	103
A.	Marco jurídico del agua.....	103
B.	Secretaría General de Planificación -SEGEPLAN-.....	104
VI.	METODOLOGÍA.....	107

VII. RESULTADOS	109
A. Análisis de los objetivos de desarrollo sostenible en relación a la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.....	109
1. Plan Departamental Chimaltenango	109
2. Resumen de objetivos de desarrollo sostenible relacionados a la subcuenca	119
3. Análisis de indicadores	131
B. Caracterización de fuentes de agua de la subcuenca	134
1. Información general de las comunidades de la subcuenca con agua potable.	134
2. Bases de datos actualizados	142
3. Potencial hidroeléctrico de algunas fuentes de agua	154
C. Recarga hídrica.....	162
1. Descripción y análisis de las variables en la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica	162
2. Identificación y descripción de las zonas potenciales de recarga hídrica.....	174
3. Análisis y descripción de los escenarios propuestos sobre el cambio de las zonas potenciales de recarga hídrica	180
4. Descripción de las zonas potenciales de recarga posibles para realizar alguna obra civil de recarga artificial.	182
D. Estimación del potencial hidroeléctrico de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.....	186
1. Modelo de elevación digital.....	186
2. Elaboración de perfiles de afluentes.....	189
3. Estimación del potencial de los afluentes.	200
E. Diseño de rueda Poncelet.....	211
1. Aforo para la obtención del caudal.	211
2. Cálculos de diseño para una rueda Poncelet	214
3. Cámara de carga.	216
4. Análisis de velocidad a lo largo de la paleta.	217
5. Momento de inercia de la rueda hidráulica.	220

6.	Diseño del eje de la rueda hidráulica y cálculo de los elementos de apoyo.....	221
7.	Selección de rodamientos.....	233
8.	Modelado	234
F.	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DEL COSTO DE OPORTUNIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA	240
1.	Ecuación para proyectar el costo por bombeo..	240
2.	Ecuación para proyectar los costos por mantenimiento..	244
3.	Metodología del cálculo del costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea.....	248
4.	Metodología del cálculo del costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea.....	261
VIII.	DISCUSIÓN	271
IX.	CONCLUSIONES.....	275
X.	RECOMENDACIONES.....	279
XI.	BIBLIOGRAFÍA	283
XII.	ANEXOS	289
A.	Fichas técnicas de caracterización de las fuentes de agua de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.....	289
B.	Pruebas de Infiltración en campo.....	316
C.	Determinación de potencial hidroeléctrico	323
D.	PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE.....	386
E.	MODELADO.....	386
F.	PLANOS DE RUEDA HIDRÁULICA DE PONCELET.....	389
G.	Metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua.....	397
X.	GLOSARIO.....	421
XIII.	LISTA DE SIGLAS	423

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1: Parámetros físicos de la calidad del agua	58
Cuadro 2: Fin de la pobreza	119
Cuadro 3: Hambre cero	122
Cuadro 4: Salud y bienestar	125
Cuadro 5: Educación de calidad	128
Cuadro 6: Indicadores por municipio.....	133
Cuadro 7: Poblaciones con fuente de agua	142
Cuadro 8: Tipos de fuente y métodos de desinfección	144
Cuadro 9: Ubicación y acceso a los sistemas de fuentes de agua	146
Cuadro 10: Características de obra civil	148
Cuadro 11: Información de ubicación geográfica	150
Cuadro 12: Observaciones de los sistemas de fuentes de agua	152
Cuadro 13: Coordenadas de turbinas	155
Cuadro 14: Coordenadas turbinas nacimiento uno.....	159
Cuadro 15: Coordenadas de turbina nacimiento dos.....	161
Cuadro 16: Distribución de la pendiente según rango, dentro del área de influencia	162
Cuadro 17: Resumen de los tipos de textura del suelo (área de estudio)	164
Cuadro 18: Tipo de geología dentro del área de influencia	166
Cuadro 19: Tipo de uso de suelo dentro del área de estudio	168
Cuadro 20: Uso del suelo en las subcuencas de estudio	169
Cuadro 21: Ponderación de la variable de uso del suelo utilizado en la ecuación 1	170
Cuadro 22: Cobertura vegetal dentro del área de estudio	173
Cuadro 23: Área que abarca cada una de las posibilidades de recarga hídrica dentro de la zona de estudio	174
Cuadro 24: Determinación de la posibilidad promedio dentro del área de influencia según el porcentaje de área que abarca cada posibilidad de recarga	179

Cuadro 25: Comparación del cambio del área en la posibilidad de recarga según los diferentes escenarios planteados	180
Cuadro 26: Distribución del área según la posibilidad de recarga hídrica útil para obras civiles de recarga artificial	182
Cuadro 27: Perfil del río Pixcayá	189
Cuadro 28: Perfil del río Xetenox	190
Cuadro 29: Perfil del río Pacorral	191
Cuadro 30: Perfil del río Balanyá	191
Cuadro 31: Perfil del río Pachoj	192
Cuadro 32: Perfil del río Yerbabuena	193
Cuadro 33: Perfil del río El Sitán	194
Cuadro 34: Perfil del río Xayá	195
Cuadro 35: Perfil del río Tzancán.....	196
Cuadro 36: Perfil del río a la derecha del Tzancán	196
Cuadro 37: Perfil del río del segundo afluente a la derecha del Tzancán.....	197
Cuadro 38: Perfil del río Quebrada Los Laureles.....	198
Cuadro 39: Perfil del riachuelo Xecoil	199
Cuadro 40: Perfil del río Chinimayá	199
Cuadro 41: Pendiente medio de la subcuenca Pixcayá.....	201
Cuadro 42: Pendiente medio de la subcuenca Xayá	201
Cuadro 43: Coeficientes de escorrentía del uso de suelo antiguo.....	202
Cuadro 44: Coeficiente de escorrentía del uso de suelo actual.....	203
Cuadro 45: Resumen de coeficientes de escorrentía	203
Cuadro 46: Caudales antiguos de estación La Presa	204
Cuadro 47: Caudales antiguos de estación El Tesoro	205
Cuadro 48: Caudales actuales de estación El Tesoro	206
Cuadro 49: Caudales actuales de estación El tesoro	207
Cuadro 50: Potencial de la subcuenca Xayá	208

Cuadro 51: Potencial de la subcuenca Pixcayá	209
Cuadro 52: Índice de potencial por longitud de río subcuenca Xayá	209
Cuadro 53: Índice de potencia por longitud de río subcuenca Pixcayá	210
Cuadro 54: Resultados de medición con el molinete	213
Cuadro 55: Resultados obtenidos en el aforo	214
Cuadro 56: Datos de cuando el caudal salida disminuye	219
Cuadro 57: Obtención del costo del KWh para el año 2016 y 2030	243
Cuadro58: Ejemplo de obtención de variaciones mensuales	245
Cuadro 59: Evaluación de ecuaciones para el año 2017	247
Cuadro 60: Variación en la altura de bombeo	250
Cuadro 61: Caudales de extracción	251
Cuadro 62: Tiempos de bombeo con base en caudal de extracción de equipo de bombeo	252
Cuadro 63: Flujo de caja abreviado	257
Cuadro 64: Análisis financiero para el pozo	259
Cuadro 65: Costo por metro cúbico de agua de pozo	259
Cuadro 66: Costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea	260
Cuadro 67: Costo de oportunidad global de la recuperación de agua subterránea	260
Cuadro 68: Desglose de inversión inicial para el tratamiento primario y secundario	262
Cuadro 69: Desglose de inversión inicial para el tratamiento terciario	262
Cuadro 70: Desglose de inversión inicial para tratamiento cuaternario	263
Cuadro 71: Cálculo de costo por incorporación de agua perdida	265
Cuadro 72: Flujo de caja abreviado para el reuso de agua domiciliar	266
Cuadro 73: Análisis financiero para el tratamiento de agua domiciliar	268
Cuadro 74: Costo por metro cúbico en el tratamiento de agua domiciliar	268
Cuadro 75: Costo de oportunidad para el reuso de agua domiciliar	269
Cuadro 76: Registros históricos de la estación hidrométrica El Tesoro ordenado según el año hidrológico	323

Cuadro 77: Registro históricos de la estación hidrométrica La Presa ordenado según el año hidrológico	333
Cuadro 78: Caudales unitarios históricos de la estación El Tesoro	342
Cuadro 79: Caudales unitarios históricos de la estación La Presa	352
Cuadro 80: Caudales unitarios actuales de la estación El Tesoro.....	362
Cuadro 81: Caudales unitarios actuales de la estación La Presa.....	371
Cuadro 82: Porcentaje de caudal actual durante del año de la estación El Tesoro.....	381
Cuadro 83: Porcentaje del caudal actual durante el año de la estación La Presa	382
Cuadro 84: Obtención de caudal de diseño de la subcuenca Xayá.....	384
Cuadro 85: Obtención del caudal de diseño de la subcuenca Pixcayá	385

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Cuenca hidrográfica.....	7
Ilustración 2: Ubicación de cuenca Río Coyolate.....	10
Ilustración 3: Ubicación de cuenca Río Motagua.....	11
Ilustración 4: Delimitación de área de influencia en las subcuenca Xayá-Pixcayá.....	13
Ilustración 5: Ciclo del agua.....	15
Ilustración 6: Diagrama del ciclo hidrológico.....	17
Ilustración 7: Descripción de las zonas de recargas hídrica.....	19
Ilustración 8: Esquema del cálculo de la pendiente.....	21
Ilustración 9: Rango de tamaño según tipo de suelo.....	23
Ilustración 10: Clasificación de los tipos del suelo.....	23
Ilustración 11: Calculo de la porosidad del suelo.....	24
Ilustración 12: Esquema del ciclo de las rocas.....	27
Ilustración 13: Ejemplo de agricultura para cobertura vegetal.....	28
Ilustración 14: Diques transversales dentro del cauce del río.....	30
Ilustración 15: Escarificación del fondo del río.....	31
Ilustración 16: Canales en línea sobre laderas.....	31
Ilustración 17: Balsas rectangulares en línea.....	32
Ilustración 18: Métodos de recarga artificial profunda.....	33
Ilustración 19: Esquema de la prueba de infiltración.....	33
Ilustración 20: Curva de duración de caudales.....	35
Ilustración 21: Obtención de agua subterránea por medio de pozo.....	38
Ilustración 22: Biorreactor.....	41
Ilustración 23: Pasto Vetiver.....	42
Ilustración 24: Distribución de aumento demográfico hasta año 2015.....	43
Ilustración 25: Distribución de uso de agua de acorde a renta <i>per cápita</i> en distintas economías.....	46

Ilustración 26: Cuadro resumen de viviendas con conexión a alcantarillas en municipios dentro de la subcuenca Xayá-Pixcayá	54
Ilustración 27: Olores reconocibles y su fuente.....	58
Ilustración 28: Escherichia Coli	62
Ilustración 29: Relación de contacto con agua contaminada y su efecto de acuerdo a agentes microbiológicos.....	63
Ilustración 30: Características físicas y organolépticas según COGUANOR 2013.....	64
Ilustración 31: Características químicas según COGUANOR.....	65
Ilustración 32: Características microbiológicas según COGUANOR	65
Ilustración 33: Recuperación de muestras para redes de abastecimiento menores a 100,000 habitantes	66
Ilustración 34: Frecuencia de muestreos cuando la red abastece a menos de 100,000 personas.	67
Ilustración 35: Captación de agua subterránea.....	68
Ilustración 36: Captación de agua subterránea – Pozo mecánico	69
Ilustración 37: Captación de agua de río.....	69
Ilustración 38: Captación de agua de lluvia.....	70
Ilustración 39: Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad.....	70
Ilustración 40: Sistema de abastecimiento de agua por gravedad.....	71
Ilustración 41: Sistema de destrucción de agua por bombeo	72
Ilustración42: Tubería de conducción de acero	73
Ilustración43 Proceso de integración de la potencia hidráulica bruta	75
Ilustración 44: Representación de flujo de caja.....	77
Ilustración 45:Ejemplo de obtención de valor presente.....	78
Ilustración 46: Ejemplo de obtención de CAUE a mano	80
Ilustración 47: Ejemplo de obtención de CAUE con Excel.....	80
Ilustración 48: Distribución de agua a nivel mundial	84
Ilustración 49: Modelo de desarrollo territorial actual de Chimaltenango.....	87
Ilustración 50: Rueda hidráulica horizontal	88

Ilustración 51: Rueda hidráulica vertical.....	89
Ilustración 52: Rueda de admisión superior.....	91
Ilustración 53: Rueda de admisión intermedia	92
Ilustración 54: Rueda de admisión con diseño de paletas planas	93
Ilustración 55: Rueda de admisión con diseño de poncelet	93
Ilustración 56: Estado nutricional de Chimaltenango	109
Ilustración 57: Indices de alfabetización por sexo en Chimaltenango.....	111
Ilustración 58: Población económicamente activa de Chimaltenango	113
Ilustración 59: Línea de conducción aldea Cruz Santiago	154
Ilustración 60: Perfil topográfico línea de conducción aldea Cruz de Santiago	155
Ilustración 61: Línea de conducción opción 1	157
Ilustración 62: Línea de conducción opción 2	158
Ilustración 63: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 1	158
Ilustración 64: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 2	159
Ilustración 65: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 1 y 2	161
Ilustración 66: Distribución de pendientes según rango establecido	164
Ilustración 67: Acercamiento de la distribución de los tipos de textura dentro del área de estudio	166
Ilustración 68: Uso del suelo en la subcuenca del río Xayá.....	172
Ilustración 69: Uso del suelo en la subcuenca del río Pixcayá	173
Ilustración 70: Proporción integral de las variables dentro de la zona con posibilidad de recarga muy alta	175
Ilustración 71: Zona con potencial de recarga hídrica muy alta	176
Ilustración 72: Proporción integral de las variables dentro de la zona con posibilidad de recarga alta.....	176
Ilustración 73: Proporción integral de las variables dentro de zona con posibilidad de recarga moderada	177
Ilustración 74: Zona con potencial de recarga hídrica alta y baja:	177

Ilustración75: Proporción integral de variables dentro de las zonas con posibilidad de recarga baja.....	178
Ilustración 76: Proporción integral de variables dentro de las zonas con posibilidad de recarga muy baja.....	178
Ilustración77: Área de posibilidad de recarga alta con características apropiadas para obras de recarga artificial.....	183
Ilustración78:Sección "A"	183
Ilustración79: Sección "B"	183
Ilustración 80: Zona con potencial de recarga alta con características apropiadas para realizar obras de recarga artificial.....	184
Ilustración81: Sección "C"	184
Ilustración 82: Zona con posibilidad de recarga muy alta con características apropiadas para realizar obras de recarga artificial.....	185
Ilustración83: Sección "D"	185
Ilustración 84: Mapa de áreas de área de influencia.....	186
Ilustración 85 Mapa de curvas de nivel a 50 metros.....	187
Ilustración 86 Mapa de estaciones hidrológicas.....	188
Ilustración 87: Perfil del Río Pixcayá.....	190
Ilustración 88: Perfil de río Xetonox	190
Ilustración 89: Perfil de río Pacorral	191
Ilustración 90: Perfil de río Balanyá.....	192
Ilustración91: Perfil río Pachoj.....	193
Ilustración92: Perfil Río Yerbabuena.....	194
Ilustración 93: Perfil del río Sitán.....	194
Ilustración94: Perfil río Xayá	195
Ilustración95: Perfil río Tzacán.....	196
Ilustración96: Perfil río a la derecha del Tzacán	197
Ilustración 97: Perfil del río del segundo afluente a la derecha del Tzacán	198
Ilustración 98: Perfil del río Los Laureles	198

Ilustración99: Perfil del riachuelo Xecoil.....	199
Ilustración100: Perfil río Chinimayá.....	200
Ilustración 101: Ubicación donde se realizó el aforo.....	211
Ilustración 102: Molinete	211
Ilustración 103: Seccionamiento de la subcuenca	212
Ilustración 104: Medición de velocidades y profundidades	212
Ilustración 105: Cámara de carga	216
Ilustración 106: Momento de inercia de la rueda hidráulica	221
Ilustración 107: Bosquejo del eje	221
Ilustración 108: Diagrama de esfuerzos de corte.....	223
Ilustración 109: Diagrama de esfuerzos de corte por el software Autodesk Inventor 2015	223
Ilustración 110: Diagrama de momentos.....	224
Ilustración 111: Diagrama de esfuerzos de momentos por el software Autodesk Inventor 2015	224
Ilustración 112: Resistencia a la fatiga teórica	225
Ilustración 113: Factor de superficie	226
Ilustración 114: Factor de tamaño.....	226
Ilustración 115: Factor de carga.....	227
Ilustración 116: Factor de temperatura	227
Ilustración 117: Factor de confiabilidad.....	228
Ilustración 118: Diámetros sugeridos por Autodesk Inventor 2015.....	229
Ilustración 119: Factor de concentración de esfuerzos.....	231
Ilustración 120: Ángulo de deflexión por Autodesk Inventor 2015	232
Ilustración 121: Precio máximo de acorde a cada tipo de generadora	241
Ilustración 122: Resumen de datos encontrados para la Zona Norte de Arq. Morales.....	256
Ilustración123: Guía para clasificación del suelo	322

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Aumento porcentual en la situación de pobreza y pobreza extrema	48
Gráfica 2: Porcentaje de población con accesos a sistemas de saneamiento de agua	50
Gráfica 3: Aumento porcentual de población con acceso a sistemas de saneamiento de agua	50
Gráfica 4: Tasa de crecimiento poblacional, departamento de Chimaltenango	51
Gráfica 5: Distribución de pobreza total en Chimaltenango	51
Gráfica 6: Aumento o disminución de las condiciones de pobreza total y pobreza extrema para el departamento de Chimaltenango	52
Gráfica 7: Abastecimiento y saneamiento de agua en Chimaltenango.....	53
Gráfica 8: Porcentaje de pendiente dentro del área.....	163
Gráfica 9: Pendiente promedio según rango establecido	163
Gráfica 10: Porcentaje de área de los diferentes tipos de suelo de la zona de estudio.....	165
Gráfica 11: Porcentaje de los distintos tipos de roca dentro del área de estudio	167
Gráfica 12: Comparación del porcentaje de área dentro de las subcuencas ocupada por los diferentes usos del suelo.....	170
Gráfica 13: Comparación del uso del suelo en la subcuenca Xayá	171
Gráfica 14: Comparación del uso del suelo en la subcuenca Pixcayá.....	171
Gráfica 15: Porcentaje del área total que representa cada posibilidad de recarga hídrica	174
Gráfica 16: Distribución del valor de cada variable según la posibilidad de recarga presente	179
Gráfica 17: Comparación del cambio del porcentaje del área según los escenarios analizados	181
Gráfica 18: Grafica de caudal vs eficiencia	220
Gráfica 19: Grafica de caudal vs potencia	220
Gráfica 20: Resultado de licitaciones de potencia y energía	242
Gráfica 21: Variación del costo de la energía eléctrica	244
Gráfica 22: Gráfico de dispersión de variaciones y tendencia	245
Gráfica 23: Descenso del nivel del manto freático para pozo en zona abastecida por Xayá-Pixcayá.....	255
Gráfica 24: Costo acumulado de la inversión inicial en la recuperación de agua subterránea.....	258

Gráfica 25: Costos por mantenimiento para la recuperación de agua subterránea, relacionado al descenso del nivel del manto freático	258
Gráfica 26: Costo acumulado en el reuso del agua domiciliar	267
Gráfica 27: Comparación entre el costo de producción por metro cúbico de agua potable en el reuso del agua domiciliar y EMPAGUA.....	269
Gráfica 28: Curva de duración de caudales actuales.....	383
Gráfica 29: Curva de duración de caudales antiguos	383

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Cuencas de la vertiente del Pacífico	8
Tabla 2: Cuencas de la vertiente del Caribe	9
Tabla 3: Cuencas de la vertiente del golfo de México.....	9
Tabla 4: Coordenadas de los puntos de importancia.....	12
Tabla 5: Metas de potabilización y saneamiento de agua potable.....	56
Tabla 6: Análisis dimensional y modelado	102

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1: Pendiente media del cauce	36
Ecuación 2: Pendiente de cada sección	37
Ecuación 3: Pendiente media según Taylor y Schwarz	37
Ecuación 4: Costo de oportunidad relacionado a la calidad del agua.....	82
Ecuación 5: Fórmula general e ideal de una rueda hidráulica	90
Ecuación 6: Formula real de una rueda hidráulica	90
Ecuación 7: Salto hidráulico	95
Ecuación 8: Diámetro exterior de la rueda hidráulica de Poncelet.....	95
Ecuación 9: Diámetro interior de la rueda hidráulica de Poncelet.....	95
Ecuación 10: Espacio entre palas	95
Ecuación 11: Número de palas	95
Ecuación 12: Velocidad de giro de la rueda	96
Ecuación 13: Diferencial de velocidades en el eje X.....	97
Ecuación 14: Diferencial de velocidades en el eje Y.....	97
Ecuación 15: Fuerza ejercida por el fluido en el eje X	99
Ecuación 16: Fuerza ejercida por el fluido en el eje Y	99
Ecuación 17: Torque	99
Ecuación 18:Potencia útil extraída por rueda hidráulica	99
Ecuación 19: Potencia del chorro.....	100
Ecuación 20: Eficiencia de la rueda hidráulica	101
Ecuación 21: Ecuación para proyectar el costo de energía eléctrica.....	243
Ecuación 22: Ecuación para proyectar los costos por mantenimiento	246

RESUMEN

El estudio de la subcuenca Xaya-Pixcayá se llevó a cabo desde diferentes aspectos con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico. Se tomaron en cuenta temas que involucran el potencial hidroeléctrico de la zona, economía de costos del acceso al agua, demografía y reconocimiento de la accesibilidad al agua, propuestas de alternativas energéticas, la zona de recarga hídrica y la planificación territorial de la subcuenca.

Se plantea una problemática sobre los recursos hídricos de la subcuenca, debido a que existe una extracción de agua por parte del Acueducto Xaya-Pixcayá que abastece a la ciudad capital. Debido a esto se presentó un acercamiento respecto a la realidad de la subcuenca con el objetivo de sugerir acciones o recomendaciones para el desarrollo sostenible del recurso a nivel local.

Se utilizó una metodología general y por medio de herramientas GIS se generaron mapas para observar gráficamente la situación actual de la subcuenca. En este documento se redacta un panorama general del trabajo donde se generan nuevas conclusiones y recomendaciones, ya que este estudio tiene como idea principal un manejo sostenible de los recursos hídricos.

Los ejes del estudio son la economía, el ambiente y la sociedad. Con esto se plantea darles cohesión a todos los resultados encontrados. La sociedad se refleja por los pobladores que habitan el área de estudio, como la contaminación del recurso hídrico; la economía se refleja en las posibilidades y accesibilidad de los pobladores al recurso hídrico; y el ambiente es un aspecto que se consideró dentro de la caracterización física de la zona.

En este trabajo lo que se hizo fue identificar las zonas con mayor potencial de recarga hídrica dentro de la subcuenca con la finalidad de caracterizar físicamente y ubicar las fuentes de agua que aportan caudal a la subcuenca, también tomando en cuenta el potencial de los afluentes de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá. Dentro del estudio también se hace un cálculo del costo de oportunidad para obtener agua potable, lo cual tiene que ver con características socioeconómicas de la población. Por este aspecto se analizó la planificación territorial intentando relacionar con el desarrollo sostenible, porque al final se plantea un nuevo tipo de operación hidráulica en la subcuenca, por la cual se debió estudiar este territorio para determinar su potencial hidráulico y mecánico e intentar aportar a la resolución de la problemática de recursos hídrico

I. INTRODUCCIÓN

El acueducto Xayá-Pixcayá se encuentra ubicado en un espacio o territorio al que se le denomina cuenca. La cuenca hidrográfica está definida como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. Para empezar un estudio de una cuenca hidrográfica, lo primero es la delimitación del área de influencia. Entre los aspectos a considerar, la cuenca o subcuenca tiene una división política, se encuentra dentro del departamento de Chimaltenango y abarca algunos municipios en la región central del departamento. La subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá, según asegura la municipalidad de la ciudad de Guatemala, proporciona 40% del abastecimiento de agua potable de la ciudad capital, por lo que es de especial importancia la conservación de esta fuente.

Este trabajo grupal es un estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá, consiste en una investigación interdisciplinaria entre estudiantes de ingeniería civil y uno de ingeniería mecánica. Cada uno desarrolló un módulo de estudio en el cual se trataron temas de estudio como el potencial hidroeléctrico de la zona, economía de costos del acceso al agua, demografía y reconocimiento de la accesibilidad al agua, propuestas de alternativas energéticas, la zona de recarga hídrica y la planificación territorial de la subcuenca.

El estudio está orientado hacia el aprovechamiento del recurso hídrico. Se realizó una caracterización sobre la zona que contribuye con la captación de agua para el acueducto Xayá-Pixcayá, ya que se plantea la problemática de una reducción del caudal que llega actualmente a la planta de tratamiento "Lo de Coy". Con esto se pretende demostrar que la zona posee un gran potencial hídrico en el cual se puede invertir esfuerzos económicos e intelectuales, para el beneficio de los habitantes capitalinos como las comunidades que se encuentran dentro de la subcuenca.

II. JUSTIFICACIÓN

La ciudad capital se abastece en un 39% de agua potable que proviene de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá. Es importante evaluar la sostenibilidad de la subcuenca porque en los últimos años el aumento poblacional ha generado una mayor demanda del recurso hídrico tanto en la ciudad capital como en las comunidades dentro de la subcuenca. Según información del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, más del 50% de la población que vive dentro de la subcuenca no tiene acceso a agua potable. Tomando en cuenta la meta establecida en el objetivo de desarrollo sostenible No. 6, el cual establece garantizar la disponibilidad, gestión sostenible y el saneamiento del agua para todos, es importante conocer la brecha que hay entre la actualidad del acceso a servicios de agua en la cuenca y la meta para el año 2030.

Gracias a que las cuencas cumplen una función ambiental la cual consiste en captar la precipitación del ciclo hidrológico, es importante determinar y evaluar las mejores zonas para infiltración, la cual tiene una influencia en el aumento del volumen de agua en los acuíferos lo que genera un reservorio subterráneo que puede ser de beneficiando tanto a la cuenca para la extracción por medio de puntos de captación y para la ciudad de Guatemala gracias a las zonas de descarga de los mismo.

En Guatemala no toda la población cuenta con acceso a sistemas de abastecimiento de agua y al mismo tiempo existe una deficiencia en los sistemas de saneamiento de agua. El factor de crecimiento demográfico representa que cada vez existe mayor efluente y por la falta al acceso a sistemas de saneamiento, el agua contaminada se conduce a otros cuerpos de agua y la contamina, así comprometiéndola la calidad de la misma.

De acuerdo con el índice de cobertura eléctrica del año 2015 presentado por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala en mayo del 2016, existen 1776 viviendas en el departamento de Chimaltenango que no cuentan con electricidad. Lo cual es preocupante ya que la gente se ve privada de facilidades, comodidades, oportunidades de crecimiento y del progreso en general. Sin embargo, considerando que en Chimaltenango se encuentra ubicada la subcuenca Xaya-Pixcayá, existe la oportunidad de aprovechar su recurso hídrico para generar energía mecánica. Por lo tanto, se considera oportuno realizar un estudio para evaluar si es conveniente instalar un sistema para aprovechar la energía hidráulica.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Estudiar la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá, con énfasis en el aprovechamiento de los recursos hídricos

B. Objetivos específicos

1. Identificar la correlación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en los instrumentos de planificación territorial de la subcuenca Xaya-Pixcayá.
2. Caracterizar físicamente y ubicar en un sistema de información geográfica las fuentes de agua existentes en las subcuencas de los ríos Xayá, Pixcayá y Balanyá que aportan caudal a la subcuenca del acueducto de Xaya-Pixcayá; actualizando la base de datos de fuentes de agua del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
3. Identificar las zonas preliminares con mayor potencial de recarga hídrica dentro del área de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.
4. Desarrollar una metodología para la determinación del costo de oportunidad relacionado a la obtención de agua potable por medio de la extracción de agua subterránea y el reúso domiciliar, con respecto al tratamiento de agua de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.
5. Estimar el potencial hidroeléctrico que poseen los afluentes de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá.
6. Determinar el potencial mecánico que puede aportar un tipo de rueda hidráulica para operación en la subcuenca Xaya-Pixcayá.

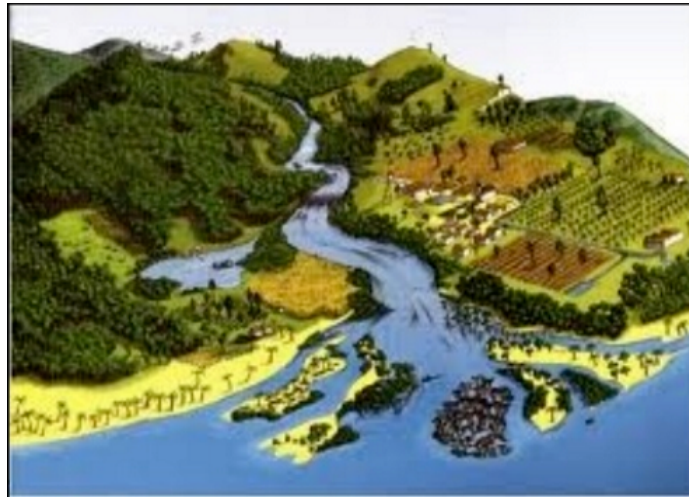
IV. MARCO TEÓRICO

A. Marco de referencia

1. Cuencas Hidrográficas. Es un terreno delimitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en donde se desarrolla un sistema de drenaje que concentra sus aguas en un río principal el cual desemboca en el mar, un lago o un río más grande. Esta área se puede delimitar en una hoja cartográfica siguiendo las líneas divisorias de las aguas (Faustino & Jiménez, 2000).

En la cuenca hidrográfica es donde se ubican los recursos naturales, suelo, agua, vegetación hasta el hombre habita y realiza sus todas sus actividades. Cualquier infraestructura e intervenciones que el hombre realicé se encuentran en una cuenca hidrográfica, por lo que no hay un punto en la tierra que no pertenezca a una cuenca. En el caso que hay grandes áreas planas y no se puede distinguir de manera fácil la línea divisoria, se denominan cuencas de llano o praderas. En el caso de cuencas con pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas son denominadas “zonas de intercuenas”. (Faustino & Jiménez, 2000).

Ilustración 1: Cuenca hidrográfica



Fuente: <http://es.slideshare.net/gwpcam/estudio-de-caso-ggbcg-gwp-goascoran-0713>, 2013

De acuerdo a (Aguirre M., 2007), la clasificación entre una cuenca, subcuenca y microcuenca está delimitada por su extensión territorial. Una cuenca va de 60,000 a 300,000 hectáreas, equivalente a 600 km² hasta 3,000 km². Una subcuenca oscila entre 10,000 hectáreas hasta 60,000 hectáreas, siendo esto equivalente a 100 km² hasta 600 km². Finalmente, una microcuenca tiene una extensión territorial aproximada de 4,000 hectáreas a 15,000 hectáreas, equivalente a 4 km² hasta 15 km².

2. Clasificación de cuencas en Guatemala. El mapa fue desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) que data de 1972, siendo publicado a escala 1: 500,000. Para la realización se designó como punto de aforo la desembocadura de los ríos en las aguas continentales o en las fronteras reconocidas. Cabe mencionar que esta clasificación es la única realizada y de carácter oficial, al ser la única publicación al respecto realizada por el IGN. La clasificación está dada por medio de las tres vertientes que el país de Guatemala posee, siendo la vertiente del Pacífico 1, la vertiente del Caribe 2 y la vertiente del Golfo de México 3. Este código es el primer número posterior se coloca un punto y el número designado a cada cuenca, cabe mencionar que el número de las cuencas inicia desde 1 para cada una de las vertientes.

Tabla 1: Cuencas de la vertiente del Pacífico

CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO					
Código	Cuenca	Área (km²)	Código	Cuenca	Área (km²)
1.1	Coatán	270	1.10	Coyolate	1648
1.2	Suchiate	1054	1.11	Acomé	706
1.3	Naranjo	1273	1.12	Achiguate	1291
1.4	Ocosito	2035	1.13	María Linda	2727
1.5	Samalá	1510	1.14	Paso Hondo	512
1.6	Sis-Icán	919	1.15	Los Esclavos	2271
1.7	Nahualate	1941	1.16	Paz	1732
1.8	Atitlán	541	1.17	Ostúa - Güija	2243
1.9	Madre Vieja	1007	1.18	Olopa	310
				Área total	23990

Tabla 2: Cuencas de la vertiente del Caribe

CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL CARIBE					
Código	Cuenca	Área (km²)	Código	Cuenca	Área (km²)
2.1	Grande de Zacapa	2462	2.5	Cahabòn	2459
2.2	Motagua	12670	2.6	Sarstún	2109
2.3	Río Dulce	3435	2.7	Vertiente Belice	8159
2.4	Polochic	2811			
				Área total	34105

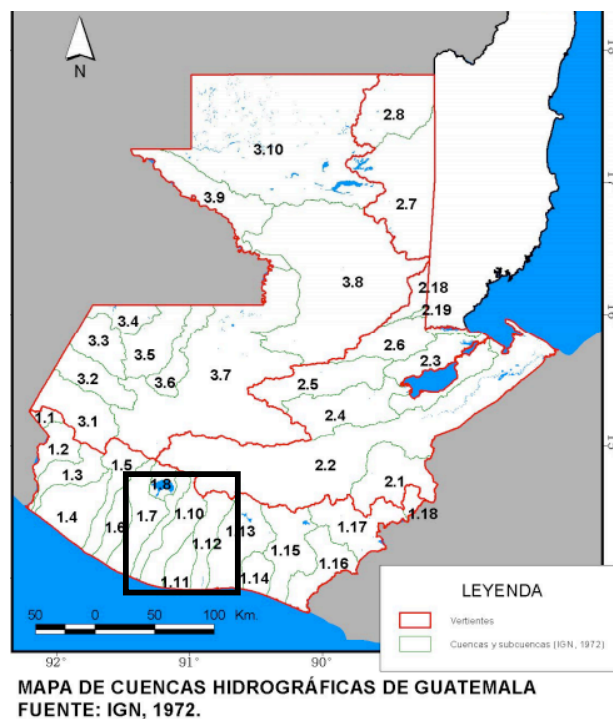
Tabla 3: Cuencas de la vertiente del golfo de México

CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL GOLFO DE MÉXICO					
Código	Cuenca	Área (km²)	Código	Cuenca	Área (km²)
3.1	Cuilco	2274	3.6	Xaclbal	1366
3.2	Selegua	1535	3.7	Chixoy	12150
3.3	Nentón	1451	3.8	La Pasión	12156
3.4	Pojom	813	3.9	Usumacinta	2638
3.5	Ixcán	2085	3.1	San Pedro	14335
				Área total	50803

Fuente: Tablas elaboradas con base en el INSIVUMEH, 2016

3. Subcuenca del Río Xayá. La extensión territorial de la subcuenca del río Xayá es de 149.97 km², área que se clasifica como subcuenca. Está ubicada en el departamento de Chimaltenango, pertenece a la cuenca del Río Cuyolote, que se puede apreciar en la Ilustración 1 con la identificación 1.10. Es parte de la vertiente del Pacífico y sus principales afluentes de acuerdo a (López, s.f.) son: el río Tzancán, Panimacoc y Macoteyá. Los municipios dentro de esta subcuenca son: Tecpán, Patzún, Patzicia, Santa Apolonia y Acatenango. El punto más alto de la subcuenca del Xayá es de 2910 metros sobre el nivel del mar y la más baja es de 2042 metros sobre el nivel del mar (Rodríguez., 1988).

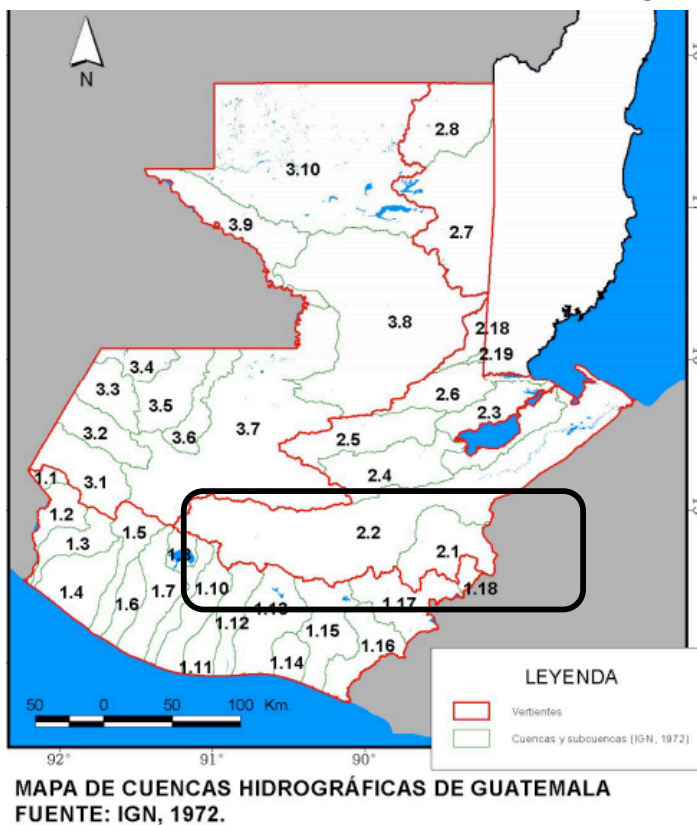
Ilustración 2: Ubicación de cuenca Río Cuyolote



Fuente: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0153/doc0153.pdf>

4. Subcuenca del Río Pixcayá. La subcuenca del Río Pixcayá se encuentra ubicada en el departamento de Chimaltenango, pertenece a la cuenca del Río Motagua (etiquetada con 2.2 en la Ilustración 2) y esta drena a la vertiente del Caribe. Su extensión territorial es de 162.08 km². Los municipios dentro de la subcuenca son: fracción de Tecpán, fracción de Patzicia, Santa Cruz Balanyá, Comalapa, y Zaragoza. La altura máxima es de 2620 metros sobre el nivel del mar y el punto más bajo de la cuenca es de 1720 metros sobre el nivel del mar (Rodríguez., 1988).

Ilustración 3: Ubicación de cuenca Río Motagua



Fuente:<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0153/doc0153.pdf>

5. Área de interés. Para esta investigación, la subcuenca del Río Xayá y la subcuenca del Río Pixcayá son una sola. Ambas subcuencas suman un área de 212.66 km², pero no es toda esta la que se toma como de interés. La definición del área de interés o marco referencial, es toda porción de subcuenca que tributa al punto de captación ubicado en el Río Pixcayá, donde posteriormente se desvía el agua hacia la Ciudad de Guatemala por medio del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá.

La determinación de cada una de las porciones de subcuenca que son de influencia es posible por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados de áreas de influencia son: 58.48 km² de la subcuenca del Xayá y 154.18 km² de la subcuenca del Pixcayá. Visto de otra forma, un 27% del área de la subcuenca del Río Xayá aporta al punto de captación hacia la ciudad y respectivamente un 73% de la subcuenca del Río Pixcayá es la que tributa hacia la ciudad de Guatemala.

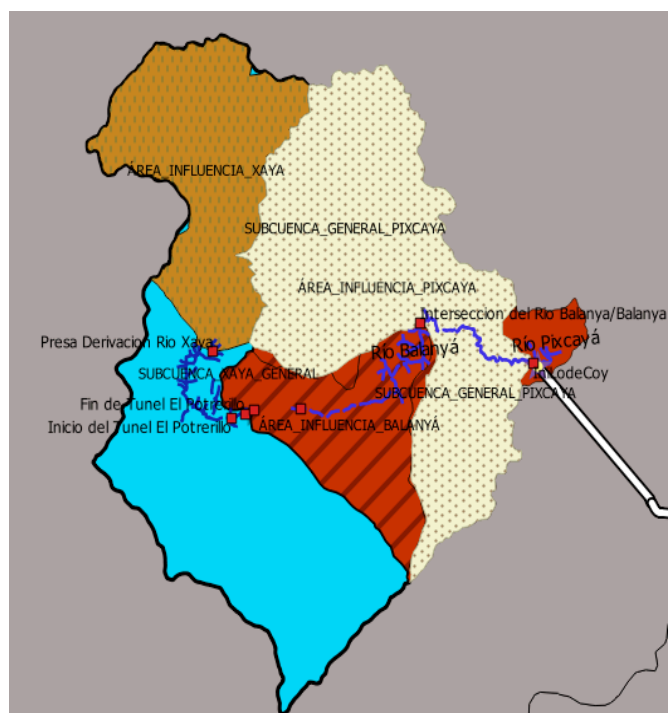
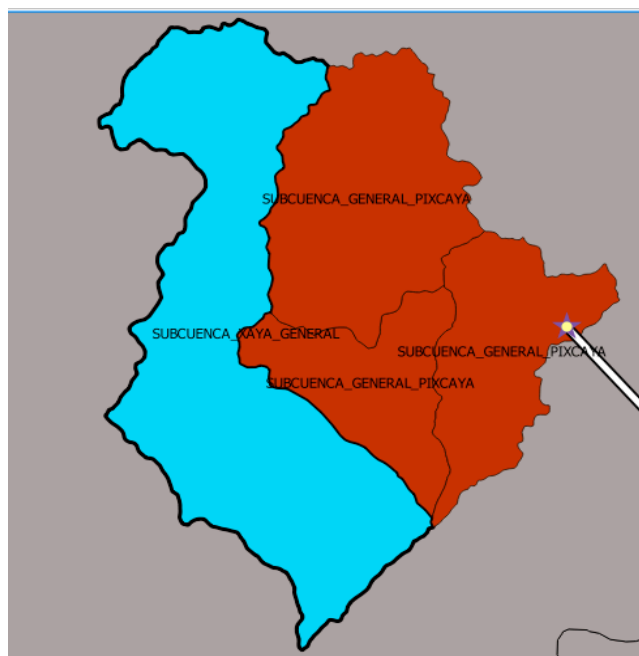
El agua se capta en la entrada al Acueducto Nacional, proviene del caudal captado de la subcuenca del Río Xayá el cual es trasvasado mediante un sifón subterráneo y desemboca en el río Balanyá que pertenece a la subcuenca del Río Pixcayá, que luego se une con el caudal del río Pixcayá. Una porción del caudal total es captada y conducida hacia la planta de tratamiento Lo de Coy. Existen tres obras utilizadas para la captación y trasvase del agua captada en la zona de influencia de la subcuenca del Río Xayá: la primera es la Presa de derivación ubicada en la parte media de la zona de influencia, la segunda es una tubería que transporta el agua hacia el Túnel Sifón de la finca “El Potrerillo” y la tercera obra es el túnel Balanya, el cual sirve de transporte para el agua y desemboca en el río con el mismo nombre. Dentro de la sub cuenca Pixcayá, en la parte baja de la subcuenca: Presa de Derivación del Río Pixcayá, la cual representa en nuestro estudio el límite final para el área de influencia.

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de importancia

Punto	Coordenadas geográficas		GTM	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Presa derivación Río Xayá	14°41' 4.49" N	90°58' 46.85" W	393519.64	-1792551231827.78
Inicio del Túnel El Potrerillo	14°39' 39.13" N	90°58' 24.24" W	392818.22	-1745582068664.13
Fin del Túnel El Potrerillo	14°39' 44.71" N	90°58' 1.56" W	392114.635	-1700042940120.79
Fin del Sifón	14°39' 48.53" N	90°57' 48.74" W	393927.57	-1820517757493.18
Captación inicial Balanyá/ Fin del túnel	14°39' 50.9" N	90°56' 43.44" W	397136.46	-2060951736142.46
Intersección río Balanyá y Pixcayá	14°41' 41.64" N	90°53' 55.54" W	403095.59	-2622140927846.80

Fuente: Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas “Unidad Ejecutora del Acueducto Nacional XAYA – PIXCAYA” y UIACC.

Ilustración 4: Delimitación de área de influencia en las subcuenca Xayá-Pixcayá



Fuente: Elaboración propia

6. Acueducto Nacional Xaya-Pixcayá. La propuesta del Acueducto Nacional Xaya-Pixcayá surge en 1961, cuando el gobierno de Miguel Ydígoras Fuentes tuvo la inquietud de enfrentar el tema de la cantidad de agua disponible para la Ciudad de Guatemala. Se elaboró un anteproyecto para saber en qué iba a consistir lo que se iba a realizar, el cual estuvo listo para el año 1962 (Municipalidad de Guatemala, s.f.). Aun así, las dudas estaban presentes y la incertidumbre también, razones por la cual hasta el año 1971 se dio inicio a la construcción de la obra.

El proyecto fue financiado por el Estado de Guatemala y por el Banco Interamericano de Desarrollo, siendo en fracciones iguales la aportación de cada una de las instituciones financieras (Rodríguez., 1988). El costo aproximado de la primera fase es de \$54.3 millones de dólares (Rodríguez., 1988). La inversión realizada es bastante significativa, pues el proyecto también es grande. El concepto de captar el agua desde Chimaltenango y traerla a la Ciudad de Guatemala por gravedad todo el camino, denota el criterio ingenieril detrás de todo el proyecto y como no, todo esto tuvo un impacto económico. El acueducto contempla incluso el transporte de caudal en la época de estiaje, aproximadamente siendo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rodríguez., 1988).

El tramo entre la captación en el Río Pixcayá y la capital es de 49 kilómetros de largo. Toda el agua es transportada por medio de túneles y por gravedad, desde la presa de derivación La Sierra, hasta al Río Balanyá y del Balanyá al Pixcayá también. El transporte por gravedad es la forma más económica de trasladar agua, por la sencilla razón que el agua sigue su curso debido a un desnivel, sin la necesidad de incorporar equipo de bombeo por ejemplo u otros equipos que ya sumen costos al sistema.

Es de esperarse que el aporte del Río Pixcayá sea mayor que el del Río Xayá, porque su área es mayor que la de la subcuenca del Río Xayá. Hay un 39% de la subcuenca del Xayá involucrada en el área tributaria, versus un 95% de área tributaria de la subcuenca del Río Pixcayá. El caudal que se espera para la época seca es de alrededor de $0.96 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales $0.31 \text{ m}^3/\text{s}$ son aportados por el Río Xayá y $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ por el Río Pixcayá (Rodríguez., 1988). La capacidad de transporte que tiene el acueducto es de $3 \text{ m}^3/\text{s}$, así que todavía hay capacidad de transportar más agua, la cuestión radica ahora en cómo lograr obtener un mayor caudal.

B. Hidrología

1. Ciclo hidrológico. Describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra, teniendo como principales componentes naturales la precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración. El inicio del ciclo se observa en los océanos, los cuales son calentados por el sol evaporando el agua que se traslada al aire en forma de vapor.

Las corrientes de aire ascendentes llevan en vapor de agua a las capas superiores de la atmósfera, en donde las bajas temperaturas provocan que el agua se condense y forme las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes sobre la Tierra, provocando que las partículas de la nube colisionan acumulando y caen en forma de precipitación. En lugares más cálidos la nieve acumulada se derrite permitiendo que corra en la superficie como agua provocando en algunas ocasiones inundaciones (U.S. Geological Survey, 2016).

La mayor parte de la precipitación cae en los océanos o sobre la tierra, corriendo sobre la superficie como escorrentía superficial gracias a la gravedad. Una parte de la escorrentía alcanza los ríos, transportando el agua de vuelta a los océanos. Existe una parte de agua de escorrentía y el agua subterránea que brota a la superficie, se acumula y almacena en los lagos de agua dulce (U.S. Geological Survey, 2016).

No toda el agua de lluvia desemboca en los ríos, una gran parte es absorbida por el suelo en forma de infiltración. Parte de esta agua permanece en las capas superiores del suelo, volviendo a los cuerpos y los océanos como descarga de agua subterránea. Otra parte del agua subterránea encuentra aperturas en la superficie terrestre y emerge como manantiales (nacimientos) de agua dulce. El agua subterránea que se encuentran a poca profundidad, la cual es tomada por las raíces de las plantas y transpirada por medio de la superficie de las hojas, regresando a la atmósfera. Otra parte del agua infiltrada alcanza las capas más profundas del suelo recargando los acuíferos, los cuales almacenan grandes cantidades de agua dulce por largos períodos de tiempo. Durante el transcurso del tiempo el agua continúa moviéndose, parte de ella regresa a los océanos permitiendo que el ciclo del agua se cierre y comience nuevamente (U.S. Geological Survey, 2016).

Ilustración 5: Ciclo del agua



Fuente: U.S. Geological Survey, s.f.

2. Precipitación. Es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, sus mediciones y análisis forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios al uso y control del agua. Las precipitaciones agrupan todas las aguas meteóricas recogidas en una cuenca vertiente o una zona determinada. Se presenta en forma líquida como lluvia y niebla o también de forma sólida como nieve y granizo. (Villón, M. 2004)

Es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la tierra. Este fenómeno ocurre cuando la atmosfera se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae. La lluvia es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que no se evapora antes de alcanzar la superficie. La precipitación se considera el componente principal del ciclo hidrológico. La forma de medir la precipitación es en milímetros utilizando un equipo llamada pluviómetro. (Villón, M. 2004)

a. Formas de precipitación

- **Actividad frontal:** es de forma dinámica y ocurre como consecuencia del ascenso lento del aire en sistemas sinópticos, como en los frentes fríos, y antes de los frentes cálidos.

- **Convección:** proviene de las nubes convectivas, cae como chaparrones con una intensidad que varía rápidamente y a su vez en un tiempo relativamente corto sobre un área determinada. La mayor parte de las precipitaciones en zonas tropicales. Una forma de identificar esta forma es mediante los copos de nieve y el granizo.

- **Efectos orográficos:** ocurre en el lado de barlovento de las montañas y está causado por el movimiento ascendente de un flujo de aire húmedo a través de la montaña, que provoca la refrigeración y la condensación. Las zonas más propensas a esta forma son las zonas montañosas del mundo.

- **Actividad tropical:** consiste en grandes masas de aire de varios cientos de kilómetros con la presión baja en el centro y con vientos que soplan alrededor del centro en cualquier dirección. Surge cuando un frente cálido que sube por una superficie inclinada de aire frío que se retira, y es enfriada en el proceso de elevación causando la precipitación. (Vásquez L. 2011)

3. Evapotranspiración. También conocido como uso del cultivo, es la suma de los fenómenos de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas. Una gran parte del agua que llega a la tierra, vuelve a la atmosfera de forma de vapor, directamente por evaporación, o a través de las plantas por traspiración. Se considera a la suma de la evaporación y la transpiración, el término solo es aplicado correctamente a una determinada área de terreno cubierto por vegetación. Los valores de esta variable se miden en milímetros por día. (Sánchez, FJ. 2006)

Entre los factores que influyen para la evapotranspiración tenemos el clima y el suelo. La temperatura hace que el agua se vuelva vapor y suba a la atmósfera. A su vez las plantas tienen un rol importante porque no solo observen el agua que cae, sino que lo expulsan. (Sánchez, FJ.2006)

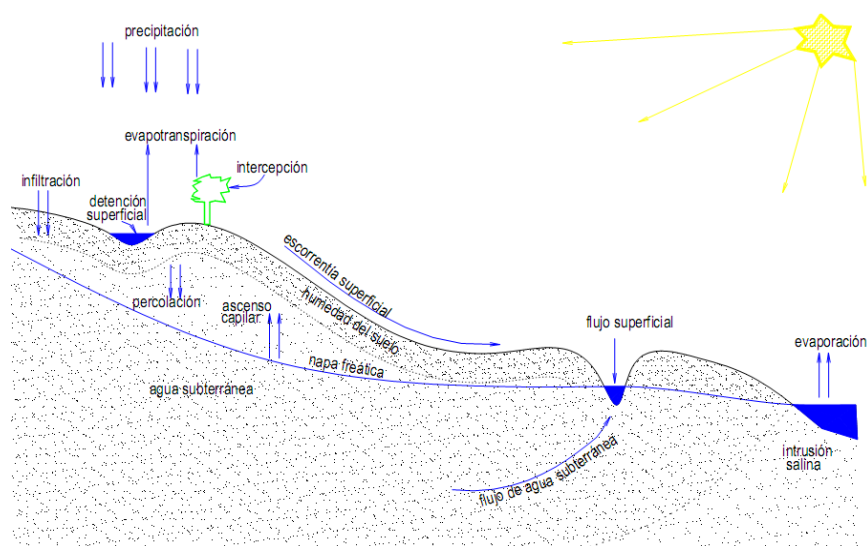
4. Infiltración. Es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo. La medición se base en la profundidad (en mm) de la lámina de agua que logra penetrar en el suelo en una hora. Se puede considerar un proceso que depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de la cantidad de agua que ha recibido en el pasado, de los cambios estructurales en las capas del suelo y de cuanto aire se encuentre atrapado en el suelo. Se puede medir indirecta o directamente lo que se genera varios métodos para su realización. (MasAgro, 2008)

Cabe mencionar que hay varias características que influyen, como la textura y estructura del suelo, las grietas y la expansión del suelo cuando se humedece. (MasAgro, 2008)

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. La conductividad hidráulica, la porosidad del suelo, la condición de la superficie y la capa vegetal son factores que afectan la tasa de infiltración. (Faustino, 2001)

Es el movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo por efecto de la gravedad. El agua se acumula en los poros del suelo y así puede ser utilizada por las plantas, o puede desplazarse a capas más profundas del suelo, donde alimenta a los mantos acuíferos. La capacidad de la infiltración es la cantidad de agua que el suelo es capaz de absorber por unidad de tiempo (cm/min, mm/h); este valor es variable y va en función de la humedad, la composición y la compactación del suelo. (CATIE, 2009)

Ilustración 6: Diagrama del ciclo hidrológico



Fuente: Villón, M. 2004

5. Escorrentía. Es la cantidad de agua de lluvia que excede la capacidad de infiltración del suelo, generando de esta manera el escurrimiento de agua la cual fluye hacia arroyos, quebradas, océanos y lagos. La escorrentía puede ser alterada por el basamento geológico, aumentándola o disminuyéndola (Núñez, 2001). En cauces donde el caudal no es afectado por la desviación, regulaciones o intervención humana se dice que la escorrentía es numéricamente igual al caudal. Es un caudal natural que es alimentado por medio de la escorrentía natural y/o por la escorrentía de aguas subterráneas. Como unidades de medidas, las más utilizadas son: metros cúbicos por segundo (m^3/s); pie cubico por segundo (p^3/s); altura en milímetros sobre la cuenca por día, mes o año; entre otras. Por lo general las unidades p^3/s y m^3/s son utilizadas para medir el volumen del agua que en un segundo pasa por una sección de una corriente.

a. Escorrentía Subterránea. Es una parte del flujo de una corriente que se origina en la precipitación que se filtró en el suelo y se une a las aguas subterráneas después de días, semanas o períodos más largos hasta alcanzar una corriente subterránea.

b. Escorrentía Superficial. Parte del agua precipitada sobre el suelo, la cual fluye al cauce de una corriente sin filtrarse al suelo. De una manera práctica se puede incluir en la escorrentía superficial la escorrentía de aguas subsuperficiales, debido a que se comportan de una manera parecida. (INSIVUMEH, 2016).

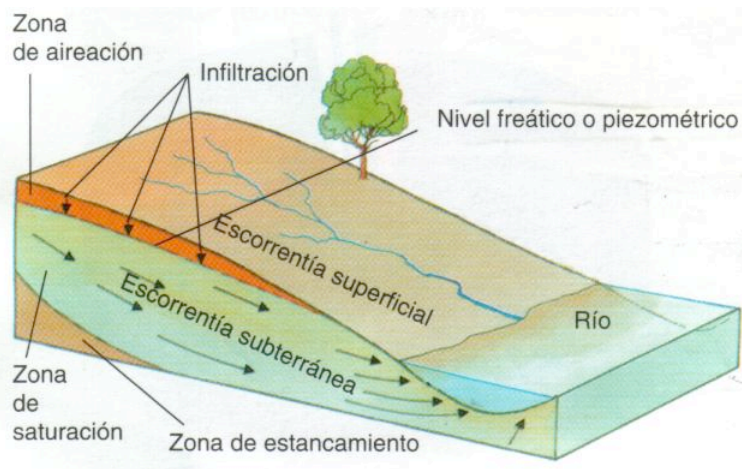
6. Coeficiente de Escorrentía. Se define como coeficiente de escorrentía "C" de una superficie A, al cociente del caudal que discurre por la dicha superficie Q_e , en relación con el caudal total precipitado Q_t . Se puede tener en cuenta el área total o dividir la cuenca en subcuencas que poseen características diferentes. En caso se tenga una zona uniforme es necesario obtener un coeficiente medio para el área total. Esto se logra mediante una media ponderada de los diferentes coeficientes que se obtengan por el uso del suelo en toda el área. Indica la porción de lluvia que se convierte en escorrentía (Hudson, 2006).

7. Recarga hídrica. Es el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un período de tiempo, a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua. Es equivalente a la infiltración eficaz. La infiltración es mayor cuando en el área de entrada o zona de recarga ocurre no solo la precipitación local, sino el escurrimiento superficial de alguna red tributaria. La recarga depende la permeabilidad del suelo, y se debe tomar en cuenta que el agua empieza a alcanzar estratos inferiores en el suelo, hasta que este se sature a su capacidad de campo.

El conocimiento de los mecanismos de recarga y la cuantificación de la misma es un elemento fundamental en la gestión de un acuífero, ya sea para evaluar los recursos explotables, conocer el eventual grado de sobreexplotación que sufre o adecuar las actuaciones sobre el mismo para su desarrollo sostenible. (Juan Noriega, P.A. 2005.)

La recarga es el nombre que se le da al proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga (INAB, 2005).

Ilustración 7: Descripción de las zonas de recargas hídrica



Fuente: Gonzalo, Ivan.

8. Zonas de recarga hídrica. En la hidrología hay un término conocido como recarga hídrica, lo que se refiere cuando el agua de lluvia alimenta un acuífero. Este proceso ocurre naturalmente cuando el agua atraviesa el suelo o roca. Cuando hablamos de las zonas de recarga hídrica, nos referimos a las áreas donde ocurre dicha recarga antes mencionada, generalmente estas áreas se ubican en las partes altas de las cuencas (IARNA, 2004).

Los acuíferos pueden llegar a ser explotados, pero dichas zonas donde ocurre la infiltración de la precipitación pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados, debido a que en el subterráneo se crean canales que dirigen el agua infiltrada hasta un acuífero que la acumula. Estas zonas son de mayor interés para su conservación, tanto en sus características físicas de permeabilidad, así como en actividades que produzcan contaminantes los cuales puedan infiltrarse y dañar los acuíferos afectados la calidad de sus aguas (IARNA, 2004).

9. Clasificación de las zonas de recarga. Según el movimiento del agua en el suelo, mantos rocosos y subsuelo, las zonas se pueden clasificar de la siguiente manera:

a. Zonas de recarga hídrica superficial. Se le puede llamar prácticamente a toda la cuenca hidrográfica, excepto a zonas totalmente impermeables, como lo es el casco urbano. Después de la precipitación, la zona superficial se humedece y origina escorrentía superficial, que depende de la condición de relieve y saturación del suelo. Esta recarga se puede medir mediante el caudal de escorrentía superficial (Cristóbal Cox. 2006).

b. Zonas de recarga hídrica subsuperficial. Se refiere a las zonas de la cuenca hidrográfica donde los suelos tienen capacidad para retener el agua superficialmente sobre una capa impermeable que hace que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenajes. Este depende de la cantidad de precipitación y el efecto de “esponja” del suelo (liberar lentamente el agua) (Cristóbal Cox. 2006).

c. Zonas de recarga hídrica subterránea. Corresponden a las zonas de la cuenca donde el flujo vertical de la infiltración es significativo, se refiere a los sitios planos o cóncavos y rocas permeables. Esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa que viene de otra cuenca. Para evaluar dicha zona de recarga existen dos métodos: directo (mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica) e Indirecto (mediante el balance hidrogeológico) (Cristóbal Cox. 2006).

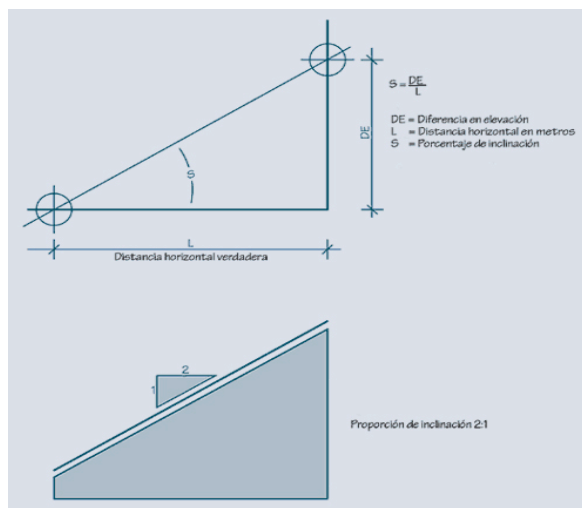
d. Zonas de recarga hídrica subterránea. Se refiere a las zonas de la cuenca que presenta fallas geológicas producidas o donde el balance hidrogeológico genera pérdidas por percolación profunda (Cristóbal Cox. 2006).

10. Factores que afectan la recarga hídrica. Existen ciertos factores los cuales se deben considerar cuando se habla de recarga hídrica, ya que son factores que no se pueden quitar o evitar y que están presente dentro de la superficie analizada. Cada uno aporta de formas diferentes en la forma de la recarga del agua que se precipita. Se debe tomar en cuenta que la unión de ellos puede en ciertos casos no beneficiar la recarga. Los factores son los siguientes:

a. Relieve y topografía. La configuración física de la superficie de la tierra, incluyendo las irregularidades es a lo que llamamos relieve. El relieve es consecuencia de los procesos geológicos y de meteorización actuando sobre los materiales geológicos, y es considerado como factor formador del suelo. La pendiente es una de las características del relieve, pues es la que modifica las condiciones del suelo como son el drenaje, infiltración, la profundidad, la susceptibilidad a la erosión y el acumulo de materiales, dichos factores afectan el desarrollo y la evolución del perfil (Mathus, S. 2007).

Por lo general, los cambios de pendiente son descritos en términos de porcentaje de inclinaciones, proveyendo así, un lenguaje uniforme para el entendimiento de la topografía. La inclinación, expresada en porcentaje, es el número de unidades de levantamiento cambio de elevación vertical, en unidades de 100 de distancia horizontal. (Marlon Bueso, 2010)

Ilustración 8: Esquema del cálculo de la pendiente



Fuente: APA (American Planning Association), s.f.

b. Características del suelo. Se le conoce como suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, conformada por minerales y partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y procesos de desintegración orgánica. El suelo es fundamental como recurso natural renovable ya que depende en gran parte la actividad agropecuaria. Se encuentra formado por varios componentes: rocas, arena, arcilla, humus o materia orgánica en descomposición, minerales y otros elementos en diferentes proporciones. Son importantes ya que permiten que las formaciones de vegetales naturales y los cultivos se fijen con sus raíces y así busquen los nutrientes y la humedad necesaria para vivir. Gracias a la abundancia de vegetación, ayuda a suavizar el clima y favorecer la existencia de corrientes de agua. (Marlon Bueso, 2010)

Es importante conocer y entender cuáles son las principales características del suelo que pueden favorecer o no a la mayor recarga de los acuíferos, entre estas características podemos referirnos a la infiltración, permeabilidad, conductividad hidráulica, capacidad de campo las que a su vez están influenciadas por la textura, porosidad y contenido de materia orgánica presente en los suelos (Mathus, S. 2009).

- **Textura del suelo**

Es la proporción de cada elemento en el suelo, representada por el porcentaje de arena, arcilla y limo. Se considera que un suelo presenta buena textura cuando, la proporción de los elementos que lo constituyen, le brindan a la planta la posibilidad de ser un soporte.

Esta propiedad del suelo está estrechamente relacionada con el área superficial de las partículas o la distribución de las partículas minerales según su tamaño. Al conocer la textura de un suelo se puede saber muchas propiedades hídricas de los suelos, además la textura es una

propiedad muy estable, ya que no varían a corto o media plazo debido a las lluvias intensas, cambios en vegetación, puesta en cultivos, etc, como lo hacen la estructura del suelo y la cantidad de materia orgánica (Ibáñez, J. 2006).

Algunas propiedades que atribuye la textura para la mejor infiltración están relacionadas con el tamaño de las partículas, entre mayor más rápido es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos. También tenemos que los suelos bien estructurados tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados, además el mayor contenido de materia orgánica y un espesor mayor aumenta el agua retenida por el suelo (Ibáñez, J. 2006).

Existen cuatro tipos de texturas en suelos a las cuales se les puede atribuir un determinado comportamiento hídrico, son las siguientes:

Suelos arenosos: son suelos donde predominan las arenas o aquellas partículas minerales cuyo tamaño se encuentre en el rango de 0.02 a 0.2 mm. Son suelos muy permeables pues en ellos predominan los macroporos. Esto se debe por las grandes partículas, los espacios vacíos entre partículas sean grandes en comparación con otras partículas lo que genera una baja capacidad de retención de agua, aunque no presentan problemas de aireación (Ibáñez, J. 2006).

Suelos limosos: suelos donde predominan los limos, o partículas que oscilan entre 0.02 y 0.002 mm. En ellos la permeabilidad varía según sea su estructura. Puede ser muy lenta cuando la estructura es masiva (sin formar agregados) o bastante rápida cuando la estructura es grumosa. Tiene la capacidad de ser fácilmente compactables, pero dificultan mucho la circulación del aire y del agua. Presentan una buena capacidad de retención de agua para las plantas (Ibáñez, J. 2006).

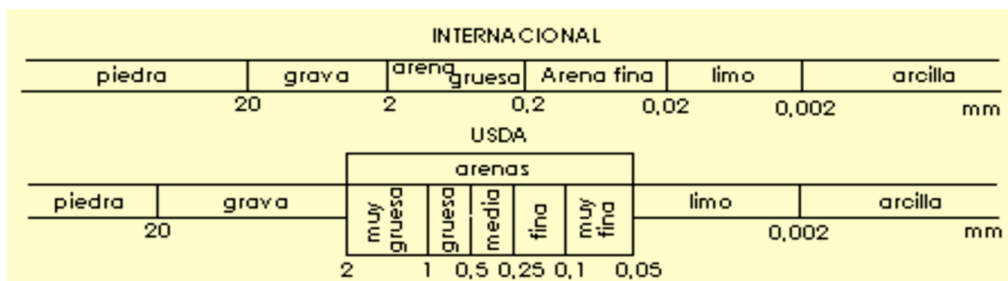
Suelos arcillosos: es un tipo de textura donde predomina las arcillas o partículas menores a 0.002 mm. Tiene la particularidad de ser muy impermeables y mal aireados, ya que dentro de su estructura predominan los microporos. Esto se debe porque el espacio dentro que hay dentro de cada partícula es demasiado pequeño lo que genera pocos vacíos. Son suelos difíciles de trabajar ya que se vuelven muy plásticos cuando están húmedos, a su vez son muy compactos y duros cuando están muy secos. Tiene un alto contenido de materia orgánica.

Son suelos que retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible para las plantas.

Suelos francos: son suelos donde no predomina ninguna de las tres partículas anteriormente mencionadas, ya que presenta una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Estos suelos son los mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Algunas de

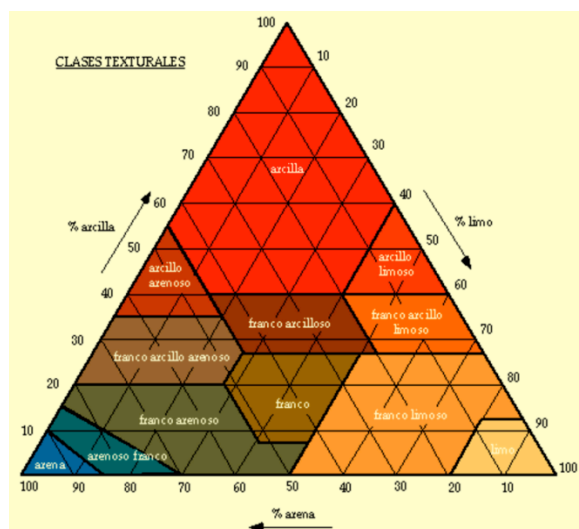
las ventajas, son ligeros, airados y permeables (no tanto con las arenas), presentan un capacidad media-alta de retención de agua (no tanto como las arcillas) (Ibáñez, J. 2006).

Ilustración 9: Rango de tamaño según tipo de suelo



Fuente: EDAFOLOGIA, s.f.

Ilustración 10: Clasificación de los tipos del suelo



Fuente: EDAFOLOGIA

- **Porosidad**

Se puede describir con el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. La porosidad depende de la textura, estructura y actividades biológicas del suelo. Cuantas más gruesas son las partículas de la textura mayores son los huecos entre ellos y las partículas más finas que se acumulan dentro de esos huecos. La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad. Son por tanto los suelos coloidales los que tienen mayor porosidad (Navarro, A. 2005).

La influencia de la estructura es tan evidente que a menudo se utiliza el valor de la porosidad para dar una idea de la estructura del suelo. El tercer factor es la actividad biológica del

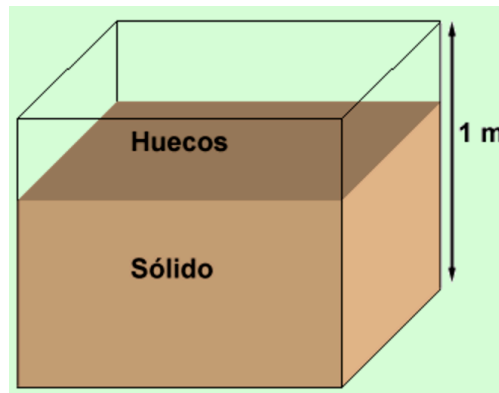
suelo específicamente de la micro fauna. En los suelos cuya actividad biológica es intensa se observa con frecuencia, un gran número de canaliculos finos que resultan del trabajo de pequeños insectos. La porosidad constituye el dominio natural de las fases liquida y gaseosa del suelo, siendo la primera la que por su variabilidad limita el espacio ocupado por la segunda (Navarro, A. 2005).

Se puede realizar el cálculo de la porosidad total mediante los valores de los tipos de densidad, de forma que la masa de la fase solida de un volumen unitario vendría expresada por el valor de la densidad aparente, y el volumen ocupado por esa fase solida lo definiría el cociente entre su masa y la densidad real de dicha fase solida:

$$P = 100 (1 - d_a/d_r) \%$$

Siendo: d_a/d_r volumen ocupado por la masa de suelo en metro cubico.

Ilustración 11: Calculo de la porosidad del suelo



Fuente: Ibáñez, J. 2006

- **Permeabilidad**

Se puede definir como la capacidad de un cuerpo o suelo que permite el paso de un fluido sin que se altere la estructura interna del cuerpo. Se le puede llamar conductividad o transividad hidráulica, dependiendo del contexto en el cual sea empleado. En ingeniería, las unidades con la que se expresa generalmente el coeficiente de permeabilidad son cm/s y m/s, en los ámbitos de la hidráulica o la hidrogeología es habitual observar notaciones como cm/día, m/año y similares.

La estimación de la permeabilidad en suelos tiene diversos intereses, algunos directos en el proyecto de una edificación, como puede ser la valoración de la influencia de las aguas

subterráneas sobre construcciones soterradas, a efectos de diseño de sistemas o procedimientos de impermeabilización o drenaje (Chocobar, A.).

Velocidad de infiltración

Se le considera a la velocidad con la cual el agua penetra el suelo. Generalmente se mide con base en la profundidad (en mm) de lámina de agua que logra penetrar en el suelo en una hora. El agua se infiltra con rapidez en suelos secos, esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye el aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se infiltra a una velocidad menor y finalmente. Cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante que es la velocidad de infiltración básica (Chocobar, A.).

c. Geología

- **Tipo de roca**

Es la ciencia que se ocupa del estudio de la tierra, de su constitución y estructura, de los agentes y procesos que vienen modificándola continuamente desde su formación, y de la localización, explotación y empleo de los materiales terrestres que presentan utilidad para el hombre(CSIC).

Es una disciplina compleja en que convergen las ciencias exactas y las ciencias naturales, con el fin de identificar los procesos que han configurado y que condicionan la evolución del paisaje, a través del estudio de los materiales terrestres. Según la UNESCO, *“las geologías determinan las condiciones para la biodiversidad, ya sea esta natural o doméstica, y sientan las bases para el desarrollo del hombre, la mujer y sus sociedades”*.

- **Rocas sedimentarias**

Se le considera una roca sedimentaria a todas aquellas que, por el transporte y deposición de materiales como consecuencia de la acción del viento, el agua, el hielo o depositadas químicamente a partir de un fluido acuoso. Se pueden incluir las que por a partir de la acumulación de material inorgánico, como caparazones secretados por organismos, se generan (CSIC).

- **Rocas sedimentarias detríticas:**

Son las rocas que se forman a partir de los sedimentos de fragmentos de otras rocas después de una fase de transporte. La clasificación de estas rocas se basa en el tamaño y la forma de los fragmentos que las componen. Así las rocas con fragmentos grandes (mayores de 2mm) y con una forma de sus fragmentos redondeados, a los cuales se les denominan conglomerados. Mientras que cuando sus fragmentos son angulosos o puntudos se les denominan brechas. Cuando los fragmentos están sueltos son sedimentos que se denominan gravas. Las areniscas

poseen granos de tamaños intermedio (0.006 y 2 mm). Los limos y arcillas presentan un tamaño de grano muy pequeño inferior a los 0.06 mm solo visibles con microscopio (CSIC).

- **Rocas sedimentarias no dentríticas:**

Formadas a partir de la precipitación de determinados compuestos químicos o bien por acumulación de sustancias de origen orgánico. Un ejemplo claro de este tipo de roca es la Caliza, ya que está formada en su mayor parte por carbonato de calcio o por acumulación de fragmentos esqueléticos. En estas rocas es frecuente observar la presencia de estos restos que constituyen los fósiles. Otro tipo de rocas son las evaporitas que se generan por evaporación de aguas en medios marinos y lagunares, como los yesos (CSIC).

- **Rocas ígneas**

Se forman de masas fundidas que se encuentran a altas temperaturas, que enfriadas y solidificadas durante su ascenso hacia la superficie de la tierra. Cuando están cercanas a la superficie da lugar a las rocas plutónicas, mientras que cuando se enfría y solidifica en la superficie da lugar a las rocas volcánicas (CSIC).

- **Rocas plutónicas:**

Se originan bajo la superficie terrestre y por tanto, al estar sometidas a grandes presiones, sus minerales crecen muy unidos, formando rocas densas no porosas. Su enfriamiento es muy lento por lo que los cristales de los minerales que las forman pueden ser relativamente grandes. En algunas ocasiones se pueden apreciar a simple vista. Los granitos son las rocas plutónicas más comunes (CSIC).

- **Rocas volcánicas:**

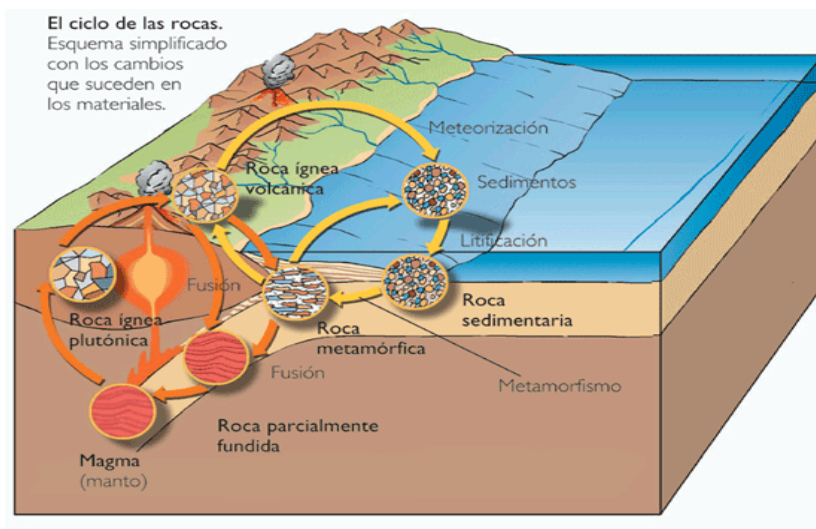
Cuando el magma que sale de los volcanes hacia la superficie terrestre, enfriándose a temperaturas y presiones bajas. El resultado son rocas constituidas por una masa de cristales de pequeños tamaños o bien materia amorfa sin cristalizar. En ocasiones se pueden distinguir algunos minerales rodeados de una masa micro cristalina o amorfa. Dentro de ellas encontramos los Basaltos, Ríolita, Gabro, piedra pómez, obsidiana (CSIC).

- **Rocas metamórficas**

Son rocas formadas por otras rocas existentes, como consecuencia de sufrir un aumento importante de temperatura y de presión por procesos geológicos, sufren cambios en sus minerales y composición química de forma que la roca original. Este proceso se realiza cuando las rocas existentes se encuentran en su estado sólido, en otras palabras, nunca lleguen a fundirse. Su característica común es un aplastamiento general de sus minerales que hace aparezcan orientados de

forma plana dando lugar a una laminación de la roca. Algunos ejemplos de estas rocas son: las pizarras, los esquitos, gneis, mármol y cuarcita (CSIC).

Ilustración 12: Esquema del ciclo de las rocas



Fuente: insutecmza.blogspot.com, s.f.

- **Porosidad y permeabilidad de las rocas**

Se considera a la porción del volumen total de una roca no ocupada por material sólido, donde estos espacios pueden ser ocupados por agua o aire. Dichos espacios se conocen como poros o intersticios. La permeabilidad de las rocas depende directamente de su porosidad, de los espacios huecos que puedan existir entre los elementos que la constituyen, y que de estos huecos estén comunicados entre sí. Son rocas muy permeables, las arenas, las gravas y las calizas fisuradas. Algo menos permeables los aluviones, los que la arena y grava están mezcladas con arcilla, y las areniscas, según su grado de cementación. Son rocas impermeables, las arcillas, las magas, las pizarras y las rocas eruptivas cuando no están fracturadas. (Mathus, S. 2009)

d. Cobertura vegetal. La cobertura vegetal se define como la vegetación natural que proporciona una cobertura al suelo y que puede o no estar utilizada por el hombre (pastos, bosques y humedales), y el uso de la tierra que es propio del hombre y el uso que este le está dando al suelo para su provecho, principalmente la agricultura. Se debe considerar que el uso del suelo es dinámico y que un mapa sobre este tema representa un período establecido de tiempo (MAGA, 2006).

Proporción del suelo ocupado por la proyección perpendicular de las partes (áreas) de las plantas sobre el suelo. Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características físicas y ambientales que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales. La cobertura vegetal se expresa generalmente como un porcentaje (GEO).

El uso de la tierra puede definirse como cualquier aplicación humana del recurso de la misma. A pesar de que los cultivos generan una cobertura sobre el suelo que debería de incrementar la infiltración de la lluvia al disminuir la velocidad del escurrimiento superficial, pero a su vez puede causar deslizamiento de la tierra en altas pendientes si la precipitación es intensa. Los cultivos de cobertura protegen el suelo de la precipitación y a su vez puede proporcionar ciertos canales que conducen el agua a estratos sub-perficiales por medio sus raíces aumentando las tasas de infiltración (Folorunso, O.A, 1992).

Ilustración 13: Ejemplo de agricultura para cobertura vegetal



Fuente: Biblioteca Agroecología (FUNDESYRAM)

e. Uso del Suelo. Se considera al uso que los seres humanos hacen de la superficie terrestre, el cual abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en sembradío, pasturas y asentamientos humanos. Son las acciones o intervenciones que las personas realizan sobre determinado tipo de superficie para producir o mantenerla.

Al mencionar el término del suelo nos referimos a la tierra, la cual representa todos los aspectos del ambiente natural, en la medida en que estos ejerzan una influencia significativa sobre su potencial de uso por el hombre. El uso de la tierra es expresado a un nivel específico, el cual consiste en una serie de especificaciones técnicas dentro de un contexto físico, económico y social (INAB, 2000).

- **Capacidad de uso de suelo**

Consiste en determinar en términos físicos, del soporte que tiene la unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y tratamientos. Se considera como la intensidad de uso soportable sin provocar deterioro físico del suelo. Al hablar de la capacidad de uso del suelo, se extiende una clasificación, a lo que nos referimos como un agrupamiento de interpretaciones que se hacen para fines agrícolas y comienza por la situación de las unidades de mapeo. Se puede generalizar la potencialidad del suelo, sus limitaciones y problemas de manejo (Arzura, D. 2008).

Esta clasificación se realiza de forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad-física- del suelo. No incluye criterios de fertilidad de suelos, producción, más bien usos mayores en términos de la protección que ofrece a las capas superiores del suelo (INAB, 2000).

Estos son los tipos de capacidad de uso del suelo:

- Agricultura sin Limitaciones (A)
- Agricultura con mejoras (Am)
- Agroforestería con cultivos Anuales (Aa)
- Sistemas Silvopastoriles (Ss)
- Agroforestería con cultivos permanente (Ap)
- Tierras forestales para producción
- Tierras forestales de protección (Fp)

11. Recarga hídrica artificial. Se considera a la recarga artificial al volumen de agua excesivo en relación a las necesidades de las plantas, una parte no despreciable de aquí que se infiltraba en el acuífero, provocando una recarga no natural del mismo. Consiste en hacer penetrar en el terreno el máximo caudal de agua para el mínimo costo de inversión y explotación (Pierre, R. 1971).

Es una herramienta de la gestión hídrica planificada en la que aguas superficiales ocasionales, sobrantes o especialmente destinadas se almacenan en los acuíferos para incrementar los recursos hídricos y para mantener o construir una reserva disponible para situaciones de escasez estacional o para sequías (Pierre, R. 1971).

- Mejora e incrementa los recursos disponibles
- Elimina o reduce el descenso de nivel del agua subterránea producido por bombeo
- Modifica la calidad de las aguas
- Evita que las aguas de peor calidad en el acuífero se desplacen hacia las captaciones de buena calidad.

a. Condiciones para la recarga artificial. La recarga artificial está condicionada primordialmente por las características del terreno que permitan tal operación (conductividad hidráulica, permeabilidad, porosidad, textura, estructura). Consiste en la introducción de agua al acuífero, mediante variedad de sistemas como balsas de infiltración, pozos de recarga profunda, zanjas y otros mecanismos.

En la región centro americana es un tanto complicado realizar este tipo de obras para generar una recarga en los acuíferos debido a la falta del recurso monetario ya que son métodos con alto costo de obra considerando también el mantenimiento de dichas obras. Una de las condiciones más importantes que se debe considerar para la inyección artificial de agua, garantizar la calidad del agua que ingresa, ya que el término “Recarga” consiste de dos parámetros “volumen” y “calidad” del agua. Es importante ingresar una cantidad de agua (volumen) considerada para que sea factible la inversión, pero no solo es la cantidad sino también la calidad de la misma. No sirve de nada inyectar gran cantidad de agua a los acuíferos si el agua está contaminada, ya no se estaría realizando un beneficio, al contrario, se estaría empeorando la situación ya que el agua contaminada no la podríamos usar para el consumo (Ing. Elfego Orozco).

b.Obras superficiales

- **Encasuse de agua (directamente)**
 - **Serpenteos y represas en causes**

Consta con la colocación de muretes o diques transversales, que no atraviesen todo el ancho del río, para aumentar el tiempo de permanencia del agua y que tenga más contacto con el terreno. Esto obliga a que el agua serpenteo incrementando la infiltración natural del río.

Ilustración 14: Diques transversales dentro del cauce del río



Fuente: Dr. Rafael Rubio.

- **Escarificación de lechos**

Es un método sencillo en el cual, por medio de una máquina, se ara el lecho del río, escurificando la superficie, colmatada por materiales finos, y mejorando la infiltración.

Ilustración 15: Escarificación del fondo del río



Fuente: Dr. Rafael Rubio.

- **Zanjas filtrantes en cause**

Son zanjas excavadas perpendicularmente al sentido del flujo, de una cierta profundidad y anchura rellenas de material filtrante. Para que pueda favorecer se debe realizar una represa o pequeño muro de piedras para la retención del agua.

- **Fuera del cause**

- **Acequias o canales**

Se representan como obras de conducción de agua poco profundas, que siguen la topografía del terreno; se genera cierta infiltración en el fondo y también en las paredes laterales del canal. Pueden ser ubicadas en partes altas de cerros y sucesivamente para aumentar la recarga (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

Ilustración 16: Canales en línea sobre laderas



Fuente: Dr. Rafael Rubio, s.f.

- **Balsas:**

Se tratan de obras en forma rectangular con gran superficie de alcance, pero poco profundas, construidas fuera de los cauces. La infiltración se produce predominantemente por el fondo. Se suele trabajar con muros de tierra. Se suelen ubicar en líneas y tienen una vida útil de 10-20 años (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

Ilustración 17: Balsas rectangulares en línea



Fuente: Dr. Rafael Rubio, s.f.

- Superficies de recarga:

Básicamente se refiere a mantener inundado un área de terreno para que el contacto del agua con la superficie sea mayor. Se puede identificar como riego por inundación con sobretasa de agua (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

- **Obras profundas**

- **Sondeos de inyección**

Mediante una tubería se inyecta agua por debajo del nivel freático ya sea a presión o por gravedad. Evitando la turbulencia y desprendimiento de CO₂. Tienen una vida útil de 5 a 10 años (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

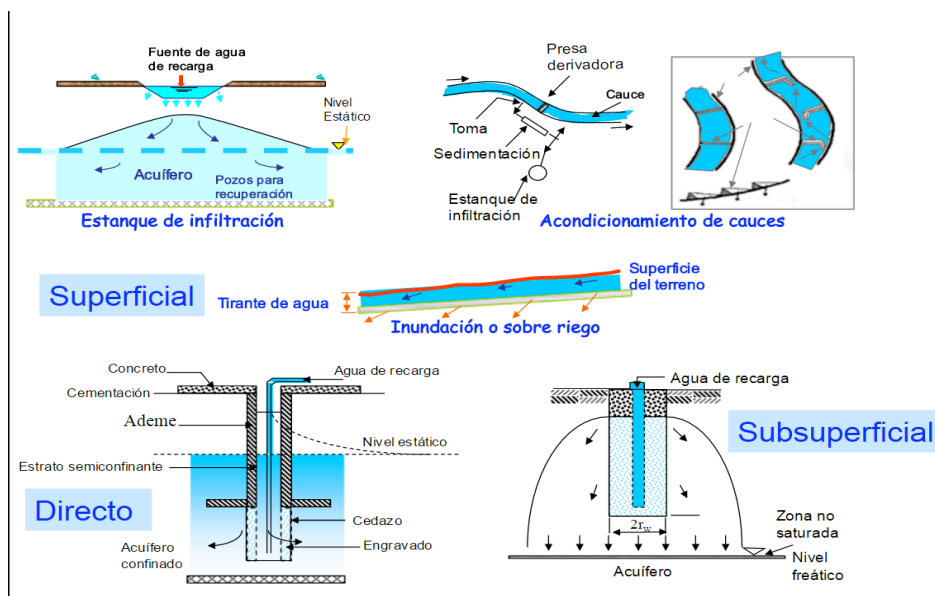
- **Balsas o canales con sondeos**

Consiste en una gran superficie de infiltración de escasa profundidad, rellena de grava calibrada, dentro de la cual se ubican sondeos de recarga (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

- **Simas y dolinas**

Son cavidades verticales que alcanzan a la superficie, se pueden aprovechar estas depresiones kársticas, a modo de sumideros, para la recarga artificial (*Dr. Rafael Rubio, 2001*).

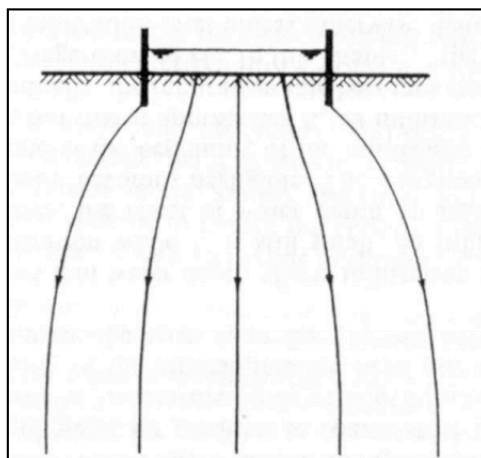
Ilustración 18: Métodos de recarga artificial profunda



Fuente: Comisión nacional del agua mexicana

12. Metodología para la determinación de la velocidad de infiltración del suelo a través del método del cilindro invertido. El método del cilindro invertido tiene como propósito determinar la permeabilidad en suelos, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo desde áreas de inundación amplias. Su diámetro puede variar regularmente entre 30 a 60 cm y su altura entre 20 y 30 cm. Consiste en enterrar un anillo en el suelo, un par de centímetros, llenando con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua. Así se simula el área de inundación (Cristóbal Cox. 2006).

Ilustración 19: Esquema de la prueba de infiltración



Fuente: Cristóbal Cox. 2006

Como se puede observar en el esquema, los flujos subterráneos se van abriendo por lo que no es un supuesto flujo vertical. Se considera una fuente de error para este tipo de pruebas. Pero se puede reducir este error si se considera un anillo de mejor diámetro, lo que mejora la precisión de los anillos subterráneos. No significa que no habrá error, pero será mínimo.

Aun cuando es un experimento más simple que se puede realizar para medir tasa de infiltración, su precisión es bastante acertada. Este tipo de metodologías son utilizadas en ingeniería para, calcular sistemas de riego, determinar aportes al agua subterráneas, regular infiltraciones en canales, lagunas artificiales y reservorios, medir la percolación en rellenos sanitarios, probar la efectividad de capas impermeables en obras de retención de líquidos, entre otras aplicaciones (Cristóbal Cox. 2006).

- Metodología:
 - Buscar un lugar plano y característico del área en estudio para instalar el infiltrómetro. Limpiar el pasto o suelo, sacando hojas, basuras e impurezas que puedan intervenir el flujo normas del agua.
 - Enterrar el anillo aproximadamente 10 cm de forma vertical posible. Posicionar el anillo martillando firmemente en los bordes.
 - Fijar la regla verticalmente dentro del anillo para poder visualizar el cambio de altura de la superficie del agua. Es recomendable fijar la regla con cinta adhesiva en la parte superior de la regla.
 - Vaciar suavemente el agua dentro del interior del anillo, evitando dañar la superficie del suelo. Es necesario llenar el anillo hasta una altura de 10cm.
 - De inmediato se debe registrar el tiempo y el nivel del agua. Al principio se deben hacer mediciones todos los minutos, luego dependiendo de la tasa de descenso, el intervalo de tiempo se puede alargar. Para que las mediciones sean más precisas lo mejor es que entre niveles sucesivos haya al menos 2mm de diferencia.

La medición se debe realizar por un período de 20 minutos, y se termina prueba cuando las últimas tres mediciones sean iguales sucesivamente.

13. Año hidrológico. Es una división anual que principia en el mes que se considera que empieza la época de lluvia o invierno en los diferentes países. En el caso particular de Guatemala, el año hidrológico inicia el 1 de mayo y finaliza el 30 de abril del año siguiente (INSIVUMEH, 2016).

14. Cursos perennes o permanentes. Cursos que se encuentran en regiones en donde no existe un déficit de escorrentía excesivamente largo, incluso en áreas que presentan precipitaciones bajas, pero tienen una alimentación freática suficiente. Son ríos los cuales siempre presentan agua en su cauce, puede experimentar cambios estacionales o diarios en su caudal debido a la cobertura vegetal, variaciones de tiempo atmosférico, evaporación o las precipitaciones (Ciencia Geográfica , 2008).

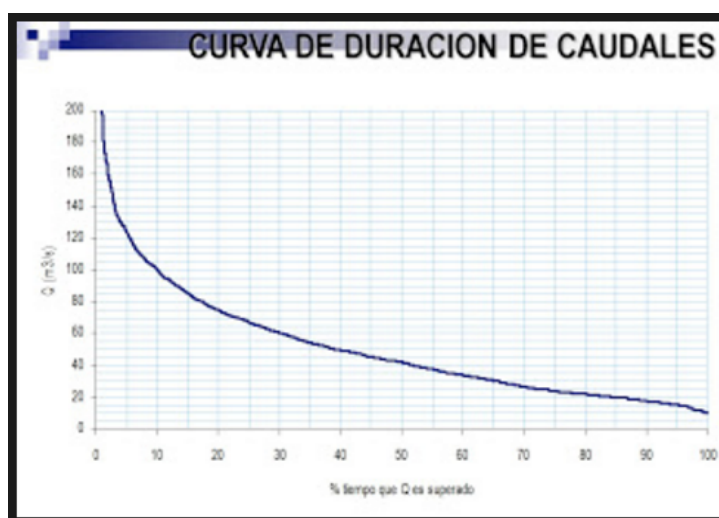
15. Cursos intermitentes. Cursos los cuales surgen en estaciones específicas del año. El caudal de dichos cursos es brindado por las aguas subterráneas, al presentarse el invierno el nivel freático sube permitiendo que existe un caudal en el cauce, en época de verano el nivel freático baja dejando al curso de agua sin caudal alguno (Ciencia Geográfica , 2008).

16. Cursos efímeros. Cursos en zonas con clima desértico o seco con un caudal esporádico, en los cuales se puede estar sin precipitaciones durante un largo período de tiempo. Cuando existe una descarga torrencial los ríos surgen rápidamente y a gran velocidad (Ciencia Geográfica , 2008).

17. Caudal. El caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección de río por una unidad de tiempo. Normalmente presenta dimensionales de metros cúbicos dividido segundo (INSIVUMEH, 2016).

18. Curva de duración de caudales. La curva de duración de caudales muestra el porcentaje de tiempo durante el cual el caudal de un curso de agua es superior a valores determinados, independiente de su continuidad en el tiempo. Es de suma importancia para los proyectos hídricos, aunque posee la desventaja que los caudales no representan su secuencia natural (De la Lanza, Cárces, & Adame, s.f.).

Ilustración 20: Curva de duración de caudales



Fuente: Dr. Elfego Orozco, 2009

19. Parámetro de forma

a. **Perímetro.** Es la línea que envuelve la cuenca hidrográfica, a lo largo de la línea divisoria de aguas topográficas (Gaspari & et.al, 2012). Es un parámetro importante, ya que en conexión con el área nos permite decir algo sobre la forma de la cuenca (Ordoñez, 2011).

b. **Longitud del cauce principal (L).** Es la longitud del río desde el punto más distante de la cuenca hasta la desembocadura (Gaspari & et.al, 2012).

c. **Área de la cuenca.** Es una superficie la cual está delimitada por medio de las líneas divisorias de agua de una cuenca (Gaspari & et.al, 2012). A su vez es una proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido o indirectamente a un mismo cauce natural (Ordoñez, 2011).

d. **Ancho promedio (AP).** Es la división que existe entre el área de una cuenca y la longitud total del curso principal (Asociación Geologica Argentina, 1983).

20. Parámetro de relieve

a. **Pendiente media de la cuenca.** La pendiente media de la cuenca es de suma importancia en relación a la infiltración, escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los principales factores físicos para determinar el tiempo del flujo sobre el terreno e influye directamente en las crecidas que puedan suceden en la cuenca (Cahuana & Yugar, 2009).

b. **Altitud.** Es la distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar. Teniendo como referencia o altura geográfica “cero” el nivel del mar, a partir de esa cota se empieza a contar la altitud de cualquier accidente geográfico (Soto, 2010).

c. **Pendientes.** El gradiente de pendiente de una cuenca tiene importancia debido a que indica la velocidad de escurrimiento y por ende en el tiempo de concentración de la misma (Villodas, 2008).

d. **Pendiente media del cauce.** Es la relación entre la altura total del cauce principal menos la cota mínima dividida la longitud del mismo.

Ecuación 1: Pendiente media del cauce

$$Sm = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L}$$

e. **Método Taylor y Schwartz.** Método utilizado para el cálculo de pendientes de una cuenca, se considera la pendiente como el desnivel entre los extremos del tramo. El criterio de Taylor y Schwartz es uno de los más utilizados debido a la gran aproximación del resultado, debido a que considera al río como una serie de canales de pendiente uniforme, en los cuales el tiempo de recorrido del agua es igual al del río. Por ende, divide al cauce principal del río en “m” tramos iguales de longitud Δx .

Para la aplicación del método se debe de obtener las pendientes de cada sección del río por medio de:

Ecuación 2: Pendiente de cada sección

$$S = \frac{H}{L}$$

Siendo:

- S= Pendiente del tramo del cauce
- H= Desnivel entre cada sección
- L= longitud horizontal del tramo del cauce

Finalmente se obtiene la pendiente media de la cuenca por medio de la ecuación del método:

Ecuación 3: Pendiente media según Taylor y Schwartz

$$S = \left(\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)$$

Siendo:

- m: Número de segmentos iguales en los que se divide el cauce principal

Ideas basadas en Universidad Nacional del Nordeste, s.f.

C. Fuentes de abastecimiento de agua alternas

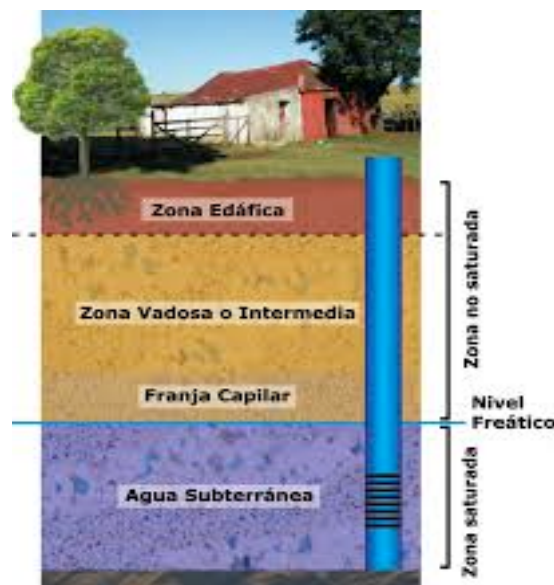
1. **Agua subterránea.** El 2.5% del agua disponible en el mundo es dulce. El 87% de este 2.5% de agua total corresponde a glaciares, el 12% del agua corresponde al agua subterránea y superficial, finalmente el 1% del agua dulce disponible es aquella que se recupera de ríos y lagos (University of Nebraska-Lincoln, s.f.). Los glaciares son agua superficial pero que no es disponible precisamente por el estado en que se encuentra el agua, así que la cantidad de agua subterránea versus

el agua disponible en ríos y lagos es mucho mayor. Lo que esto significa es que es una buena alternativa como fuente de abastecimiento de agua.

Para entender que es el agua subterránea, es necesario comprender el ciclo hidrológico. El agua que se encuentra presente en la tierra por el calor radiado por el sol se evapora. Cuando se evapora el agua, esta se condensa en las nubes. Al estar saturadas las nubes es cuando llueve o precipita. Mucha de esta precipitación se evapora antes de llegar a la superficie terrestre (Otálvaro, 1999). Al agua que cae a la superficie terrestre le pueden suceder varias cosas; primero esta puede ser captada por vegetación para consumo propio, segundo puede escurrir el agua y lograr caer de nuevo a distintos cuerpos de agua, donde posteriormente se evaporará y comenzará el ciclo una vez más, tercero puede suceder que el agua se infiltre en el suelo hasta llegar acuíferos subterráneos (Otálvaro, 1999). La Ilustración 5 muestra el ciclo hidrológico y sus variaciones.

A raíz del agua que se infiltra en el suelo, es que nace el agua subterránea. El agua subterránea es la que está en el subsuelo, ocupando espacios entre partículas del estrato y en poros de rocas (Grupo de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Sevilla, 2010). Se puede encontrar a poca profundidad o a grandes profundidades, hasta de 800 metros a partir de la superficie terrestre (Otálvaro, 1999). De acuerdo a la profundidad del agua subterránea, va el método de obtención. Si se encuentra a poca profundidad el agua, puede movilizarse hasta un cuerpo de agua, ya sea un río o lago, que son fuentes de agua superficial. Si el agua se encuentra a grandes profundidades, el método de obtención es por medio de pozos (ver Ilustración 21), donde el agua se extraer por bombeo.

Ilustración 21: Obtención de agua subterránea por medio de pozo



Fuente: <http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2012/11/Manual-de-agua-subterranea-bajo.pdf>

Hay varias ventajas y desventajas relacionadas al agua subterránea. Viendo el lado positivo, el agua al pasar de la superficie hacia el subsuelo, tiene que pasar por diversos estratos de suelo, que es un tipo de filtro que remueve contaminantes. El agua subterránea al no estar expuesta a la intemperie se libra de agresión contaminante, así ofreciendo una mejor calidad comparado a recursos hídricos superficiales (Otálvaro, 1999). Tercera ventaja es su abundancia en comparación a los recursos de agua superficial, aunque los superficiales son más, pero la disponibilidad del agua por glaciares no es inmediata.

La primera desventaja del agua subterránea se puede manifestar por un costo representativo de extracción debido al bombeo. La segunda desventaja que se puede analizar es el tiempo de residencia que tiene, pudiendo ser de un par de años hasta miles de años. Esto se liga a la tercera desventaja que es el desgaste de los acuíferos tras una sobreexplotación; toma mucho tiempo la recuperación de estos cuerpos de agua en comparación a la rapidez con la que se puede extraer agua de ellos.

Ya que el agua se encuentra generalmente en condiciones aceptables, para lograr que sea apta para el consumo humano, se puede contemplar un tratamiento cuaternario que consista en cloración. El cloro aplicado puede ser líquido o granulado. El hipoclorito de sodio viene en presentación líquida, con una concentración al 15%. Este produce un gas hidrógeno que es sumamente volátil y necesita de ventilación, por lo tanto, no se recomienda la utilización de este como método de desinfección (Pacheco, 2003). El hipoclorito de calcio viene en pastillas o granulado, con una concentración a 65% o 70%. Es efectivo para destruir microbios y bacterias, tiene tiempo de reacción rápida y no aporta toxicidad y coloración al agua cuando es correctamente dosificado (Pacheco, 2003). Se recomienda usar 2 mg/L de hipoclorito de calcio cuando se quiere desinfectar agua para consumo humano según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Para calcular el peso de cloro requerido se basa en la siguiente expresión, $Peso\ de\ cloro = \frac{Volumen\ a\ tratar\ de\ agua \cdot Dosis\ de\ cloro}{Concentración\ de\ cloro\ granulado \cdot 10}$ (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2006).

Por último, en Guatemala se tiene en consideración que existen alrededor de 33,699 millones de metros cúbicos disponibles de agua subterránea anuales y un estimado de 51,292 metros cúbicos anuales de agua superficial (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2005). Nuestro país puede contar con agua subterránea como fuente de abastecimiento, pero si es indispensable saber tratar el recurso hídrico. Actualmente existe alrededor de 1 metro de descenso en el nivel del agua subterránea anualmente, en términos generales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2016).

2. Reuso del agua domiciliar. Con la tendencia a la ingeniería verde está la idea del reciclaje del agua de las viviendas. Existe una tendencia al respecto de esto, donde lo que se hace es reutilizar el agua que se usa en la casa. El reuso del agua es algo que sucede en el ciclo hidrológico. El agua evaporada de la tierra y transpirada de la vegetación, que posteriormente cae como en forma de precipitación, es usada unas cinco a seis veces antes de regresar a las nubes en forma de vapor (Rojas, 2004). Si existe en la naturaleza, se puede emular este comportamiento en las viviendas.

El agua que se utilizó en una casa es conocida como agua residual y tiene dos subgrupos: aguas negras y aguas grises. El agua negra es la que contiene contaminación fecal que por lo general proviene de los inodoros en una vivienda. Las aguas negras idealmente deberían de venir únicamente de los baños, pero si no es así, el residuo de la fuente con materia fecal es una fuente de agua negra. Las aguas grises son aquellas que generalmente están contaminadas de materia orgánica, grasa, químicos diversos (Rojas, 2004). De esa manera las fuentes de aguas grises serían el lavamanos, la pila, la lavadora, la regadera, entre otras.

Al tener estos dos tipos de agua lo mejor es contar con dos redes de distribución de agua dentro de una vivienda. De ser así, es más sencillo separar desecho de agua negra y de agua gris. La manera más sencilla de lograr esto es en construcciones nuevas, donde se puede lograr una instalación fácil y ordenada. El problema de casas ya construidas es tener que romper la estructura y la introducción de sistemas de distribución para diferenciar lo que sea agua negra y agua gris.

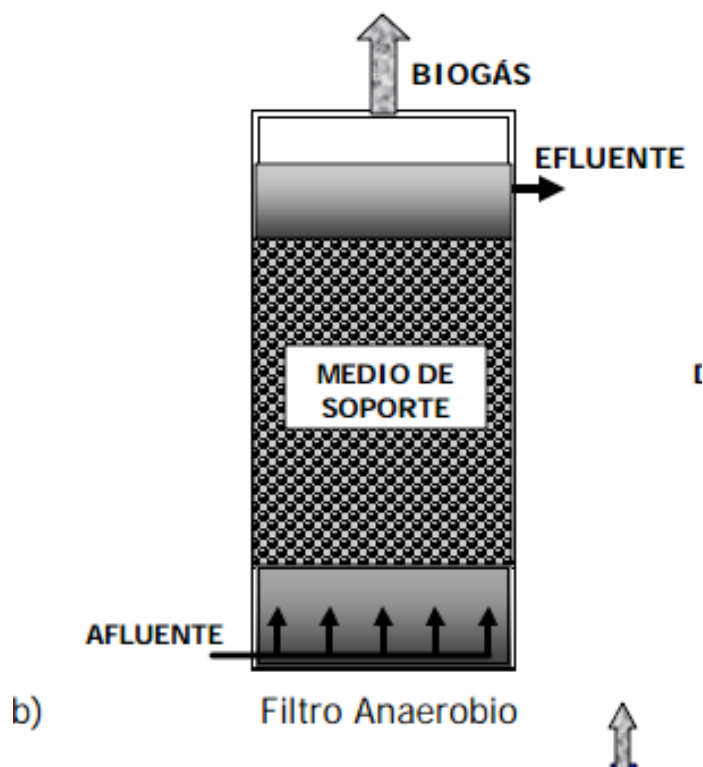
La razón de mencionar dos sistemas de distribución de agua es por el tratamiento del agua que se necesita. El agua negra tratada se destina para áreas verdes o algún uso que no sea muy directo con el ser humano (Rojas, 2004). Ahora bien, las aguas grises se tratan y se destinan para alimentación de inodoros domiciliarios, lavadoras, lavamanos, en fin, pueden retornar casi a sus fuentes donde fueron obtenidas (Rojas, 2004).

La forma más completa de poder tratar agua residual es por medio de una planta de tratamiento. El tratamiento empieza por una fase donde se remueven los sólidos gruesos suspendidos, la segunda parte es la remoción de la contaminación biológica del agua y finalmente se le da un tratamiento químico al agua para poder limpiarla casi en su totalidad (Samayoa., 2009). Comúnmente son conocidas estas etapas como tratamiento primario, secundario y terciario, en ciertas ocasiones incluso tratamiento cuaternario.

Un tratamiento primario y secundario a nivel domiciliar corresponde a un biorreactor anaeróbico de flujo ascendente (ver Ilustración 22). Ambos tratamientos ocurren en el mismo espacio, lo cual es una gran ventaja para este sistema de tratamiento. El tratamiento primario viene es un sedimentador, en donde las partículas de gran tamaño se sedimentan por su peso propio. El agua con sólidos de menor tamaño asciende en el mismo tanque y entra en contacto con un medio de soporte,

que corresponde a bacterias. En un proceso anaerobio, las bacterias se alimentan de la materia orgánica presente en el agua y la convierten en metano y dióxido de carbono (Rodríguez V., s.f.). Conforme el tiempo, las mismas crecen hasta llegar al punto de decantar.

Ilustración 22: Biorreactor



Fuente: <http://chita.aragon.unam.mx/papime100310/documentos/RAFA.pdf>

El biorreactor produce metano y no logra eliminar el fósforo y nitrógeno disueltos. Debido a ello, el efluente tiene que entrar un tratamiento terciario, el cual consiste en un tratamiento de zanja tipo drenaje francés, con relleno de tierra negra con carbón negro regada en ella y en la superficie la plantación de pasto vetiver (ver Ilustración 23) Lo que se genera es un tipo de humedal, en el cual el pasto vetiver proporciona oxígeno al agua y sus raíces se alimentan de los contaminantes biológicos remanentes del tratamiento primario y secundario. La bondad del pasto vetiver es eliminar macronutrientes como el nitrógeno (con 94% de eficiencia), fósforo (con 90% de eficiencia), y metales como el níquel, cadmio, plomo, mercurio e incluso escherichia coli con un 91% de eficiencia (Estrada., s.f.). En las hojas y raíces del pasto, la planta utiliza los metales pesados para su propio crecimiento; proceso conocido como fitoextracción (Estrada., s.f.). En sus raíces se lleva a cabo la rizofiltración, proceso en donde la planta retiene metales pesados y realiza descomposición orgánica (Estrada., s.f.) Se tiene previsto que logra el pasto vetiver completa lo que el tanque biorreactor no puede tratar y la gran ventaja es que no involucra energía eléctrica y no requiere intervención humana.

Ilustración 23: Pasto Vetiver

Fuente: Estrada, s.f.

El propósito de regar carbón negro en el relleno de tierra negra es para generar un filtro de carbón activado, el cual sirve para eliminar la producción de metano que se da en el tanque biorreactor. El carbón activado cuenta con un área superficial sumamente grande y un alto nivel de porosidad, lo que le confiere una alta capacidad de remoción de elementos como olores, colorantes, entre otras sustancias (E.U. Politécnica , s.f.). El metano liberado es retenido por los poros del carbón y retenido, liberando el mal olor y otros contaminantes del agua.

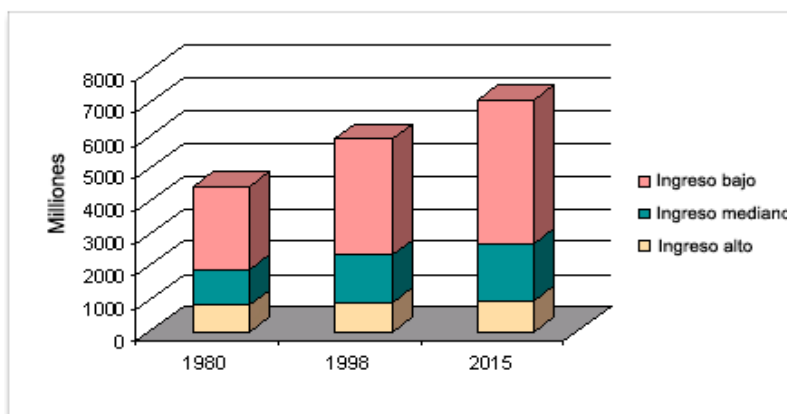
Finalmente, el efluente está libre de contaminantes físico-químicos y en buena parte de contaminantes microbiológicos. Para lograr garantizar la calidad del agua y quitar algún resto de contaminante microbiológico presente, el agua pasa por un tanque de cloración como tratamiento cuaternario. El cloro sirve para eliminar bacterias y patógenos disueltos en el agua, como lo es la e.coli. Es un proceso oxidante que consume tanto materia orgánica y bacterias (Microlab Industrial, 2014). Con la desinfección realizada, el agua puede considerarse potable.

D. Calidad del agua

1. Interés del agua como un recurso sostenible. Se cuenta con tan solo un aproximado de 2.5% de agua dulce, no solo es una cantidad relativamente baja comparado a la totalidad disponible, sino que es un recurso finito como todo en la vida. Es un problema latente, de esa cuenta en la “Declaración del Milenio” se afirma: “no debemos escatimar esfuerzos para liberar a la humanidad, y sobre todo a nuestros hijos y nietos, de la amenaza de vivir en un planeta irremediamente deteriorado por las actividades humanas y cuyos recursos no sean nunca más suficientes para sus necesidades (Bermejo, 2004)”. Es un daño sucesivo el que se hace sobre los recursos naturales, que incluye a los recursos hídricos. El daño que en algún tiempo no era perceptible ahora lo es; por eso mismo es de relevancia global y define nuestra permanencia sobre el planeta Tierra.

En el Informe de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, se dice que los humanos son los que recogen el 8% del agua dulce anual, quitan el 26% de evapotranspiración anual y un 54% de las escorrentías (UNESCO, 2003). La cantidad de agua que se usa actualmente ha incrementado por seis veces y eso por una sencilla razón, el crecimiento demográfico (El Portal Profesional del Medio Ambiente, s.f.). Entre 1980 y el año 2000, aproximadamente la población creció de 4,400 millones de personas a una cifra muy impactante de 6,000 millones de personas (Banco Mundial, 2000). La proyección de aumento poblacional para el año 2015 fue de 1,000 millones de personas, así sumando un total de 7,000 millones de personas aproximadamente a nivel mundial. El crecimiento demográfico no es algo que se da por igual en todos los países, es un fenómeno que se puede ver distribuido en los países de acuerdo a sus ingresos. Los ingresos denotan la renta per cápita y la clasificación de una sociedad, siendo de primero mundo, en vías de desarrollo o subdesarrollada. En la Ilustración 11 se aprecia el crecimiento demográfico asociado a los ingresos por país. Esto lleva al siguiente punto importante, los recursos hídricos como un tema contemporáneo global.

Ilustración 24: Distribución de aumento demográfico hasta año 2015



Fuente: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/modules/social/pgr/chart1.html>

El aumento demográfico ocurre a una tasa rápida de crecimiento y se da con mayor influencia en las áreas de menor desarrollo. Esto es lo que se puede ver en la Ilustración 10, una distribución de aumento demográfico, con una tendencia más marcada en países de ingreso bajo. Una tercera parte de la población tiene menos de 15 años de edad en los países en vías de desarrollo, mientras que en los países desarrollados (con ingreso alto), la población en este rango de edad es menor o igual a una quinta parte aproximadamente (Banco Mundial, 2000). Más gente en el mundo en condiciones de pobreza es un elemento crucial que afecta tanto la calidad del agua y la calidad del agua, también los afecta a ellos.

Una manera de ver como se tiene el efecto en ambas partes es por medio de la basura que se deposita a los recursos hídricos diariamente. Aproximadamente 2 millones de toneladas de desechos, entiéndase basura, residuos de procesos de industria, contaminantes agrícolas, residuos de aguas servidas, en fin, contaminantes de diversas fuentes, son los que se vierten a los recursos hídricos cada día (UNESCO, 2003). Es una cifra sumamente grande y preocupante a la vez. Por eso mismo se cuantifica un aproximado de 1500 km³ de aguas servidas a nivel mundial y si un litro de agua residual es capaz de contaminar 8 litros de agua dulce, entonces se deduce que la contaminación global es capaz de ascender a 12,000 km³ (UNESCO, 2003). De todos estos problemas, inmediatamente un 50% de ellos tienen el impacto en países con ingresos bajos.

En la tercera ley de movimiento de Isaac Newton se establece que por cada acción existe una reacción igual a ella. La acción que da lugar al problema hídrico es sumamente amplia, pero es el humano con su desconsideración y actitud, lo que da mayores problemas. ¿Cuál es la reacción sobre la cantidad desmedida de desechos vertidos en los recursos hídricos de agua dulce? La reacción recae sobre los habitantes y sobre la madre naturaleza. No es de extrañarse que una vez más la población de escasos recursos es la que más sufre los daños, específicamente enfermedades y muertes por contaminación de agua (Informe de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, 2003).

Son tres problemas expuestos para la sociedad, el primero es la diarrea causada por agua contaminada, el segundo es la proliferación de enfermedades como la malaria (los mosquitos usan el agua contaminada para su reproducción) y el tercero son las enfermedades provocadas por la utilización de agua contaminada en la higiene personal. En el año 2000 la cantidad de muertes relacionadas a las diarreas y enfermedades ligadas a una baja calidad del agua fue de 2, 213,000 personas (UNESCO, 2003). Esta cifra casi representa la muerte de un octavo de la población guatemalteca en tan sólo un año. La malaria es responsable de la muerte de aproximadamente 1, 000,000 de personas (UNESCO, 2003). A su vez, alrededor de 2,000 millones de personas en el mundo se infectaron de una enfermedad relacionada a los insectos que se reproducen en los malos sistemas hídricos, el 15% de estas quedaron infectadas por una enfermedad grave (UNESCO, 2003). Lastimosamente el eslabón más débil en el

desarrollo humano es la niñez y por ende son los niños los que sufren la mayor cantidad de infecciones y muertes relacionadas a los tres parámetros previamente establecidos.

Se calcula que dos mil cuatrocientos millones de personas no cuentan con la disponibilidad de un sistema de saneamiento de agua (UNESCO, 2003). Mientras no siga habiendo disponibilidad, las enfermedades se seguirán propagando porque el agua va con residuos fecales, contaminantes domésticos y cualquier otro tipo de bacteria hacia los cursos de agua. Alrededor de 1,100 millones de personas no cuentan con las facilidades adecuadas y necesarias para obtener agua (UNESCO, 2003). Sin acceso a facilidades, la opción que prevalece es recoger agua de donde se puede. La procedencia del agua se desconoce y es probable que sea agua sin saneamiento, que provocará enfermedades.

Si se tomará en consideración tanto el saneamiento de agua, como las instalaciones adecuadas para el abastecimiento de agua potable, es increíble, pero habría una disminución aproximada del 17% en enfermedades diarreicas anualmente (UNESCO, 2003). Ese 17% de las 2, 213,000 personas que fallecieron en el año 2000 a causa de alguna enfermedad relacionada a la mala calidad del agua son 376,210 personas. Todo está en poder darle estos servicios a la gente que actualmente no los posee, lo cual es un reto y problemática destacada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Crecimiento demográfico desmedido a una tasa sumamente elevada, contaminación de los recursos hídricos, enfermedades asociadas por la contaminación del agua, falta de saneamiento; todo suma a un impacto severo a los recursos hídricos. Otro gran problema es el factor humano en el consumo de agua directamente y el fin que tiene el agua que se recupera. Para las actividades domésticas y no domésticas, un consumo de 100 litros por habitante diarios es lo ideal (Naciones Unidas, 2005). Estas actividades incluyen todo lo relacionado a lavar ropa, higiene personal, usos domiciliarios, como también el uso para actividades como la agricultura. El consumo aproximado actual es de 1,600 litros por habitante por día, para actividades domésticas y no domésticas (El Portal Profesional del Medio Ambiente, s.f.).

De los 1600 litros por habitante por día, 50% del agua se aprovecha y un 50% se desperdicia (El Portal Profesional del Medio Ambiente, s.f.). Del 50% del agua que se usa, 65% se destina a la agricultura, 25% a actividades industriales y un 10% para uso doméstico. En lo que respecta al otro 50% no utilizado, se pierde en evaporación o de una u otra forma, regresa a un cuerpo de agua. Así como el crecimiento demográfico, el consumo de agua tiene una relación de acorde a la situación económica de cada país. Se pronuncia una distinción entre los distintos niveles socioeconómicos del mundo. Una representación de eso se puede apreciar en la Ilustración 25, donde se obtiene la distribución de uso del agua en porcentajes para países con distinto nivel económico.

Ilustración 25: Distribución de uso de agua de acorde a renta *per cápita* en distintas economías

	RENDA ALTA	RENDA BAJA	MEDIA MUNDIAL
AGRICULTURA	40	80	65
INDUSTRIA	45	10	25
CONSUMO HUMANO	15	10	10

Fuente: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp#

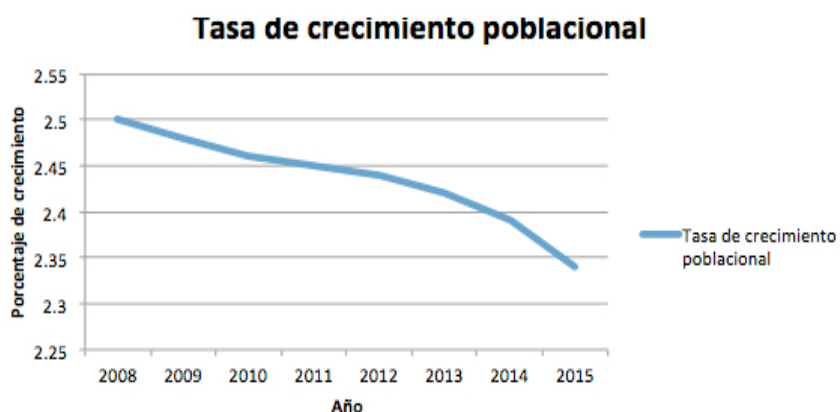
La aparición de tanto problema relacionado al medio ambiente es lo que da lugar al surgimiento de un concepto innovador que muestra una preocupación detrás de su significado. El concepto es la sostenibilidad, o el desarrollo sostenible. La sostenibilidad no viene a poner un tope en el uso de los recursos disponibles, al contrario, hasta cierto punto la sostenibilidad impulsa al aprovechamiento de los recursos naturales, de tal forma que se quiere que las próximas generaciones también puedan gozar de ellos. A eso es lo que se resume el concepto de sostenibilidad, a como poder utilizar los recursos actuales, tener lo que se necesita de ellos, pero no ser egoístas y agotarlos en satisfacer las necesidades propias, sino pensar en que las futuras generaciones puedan gozar de igual forma de los recursos. Así es como la problemática del agua da paso al interés del recurso hídrico como un recurso sostenible.

La primera parte del Informe de Brundtland es un acercamiento muy bueno acerca de lo que es sostenibilidad y lo que implica. El primer punto necesario de comprender es una realidad irónicamente incomprendida, no es posible tener un desarrollo infinito en un mundo que es finito. El propósito de este argumento es aclarar un error en el paradigma de la sostenibilidad, porque existe la idea que el hombre es un ser poderoso y dominante sobre la naturaleza (Bermejo, 2004). Pero la actitud arrogante ha venido a ser contradicha por tantos problemas actuales y como resultado, se necesita romper la idea preconcebida de que se puede alcanzar un desarrollo y aprovechamiento infinito en lo que es un mundo finito. Los recursos que se pensaban que son eternos están volviéndose escasos y cada vez más deteriorados. (Bermejo, 2004), en el Informe de Brundtland, recalca ante todo el choque del humano y la naturaleza, entre sus posiciones de dominante y sometida, pero también recalca que es un concepto fuera de lugar el pensar que el consumismo es el factor que crea felicidad en la gente. El consumismo representa explotar materia prima para cumplir con la entrega del producto, lo cual no va

con el concepto de sostenibilidad. Si se va consumir para generar felicidad, se tiene que saber hacerlo sin agotar los recursos disponibles.

La sostenibilidad del agua es una parte de la sostenibilidad en global porque el concepto es muy amplio y se extrapola a muchos casos. Los primeros problemas que enfrenta es la dimensión económica, ya que la idea de felicidad ligada al consumismo se tiene que adecuar y esto choca con intereses de todos aquellos que generan la “felicidad”. Es indispensable el compromiso de las partes encontradas porque también las futuras generaciones tienen intereses y necesitan de los recursos para sobrevivir. Bermejo incita por eso a un cambio de pensamiento para comprender lo que es la sostenibilidad. La dimensión que debe ser atendida es el medio ambiente, es el panorama extendido, no es únicamente analizar los recursos naturales. El recurso hídrico juega un rol elemental dentro del medio ambiente y sobre la vida del humano, por lo que ahora se tiene que hablar de la sostenibilidad del recurso hídrico también.

2. Calidad del agua en Guatemala y en la subcuenca Xayá-Pixcayá. Guatemala es un país que ha tenido una disminución en la tasa de crecimiento como República, en el año 2008 la tasa de crecimiento poblacional era de 2.50%, en el 2009 de 2.48%, en el año 2010 2.46%, en el 2011 era de 2.45%, en el 2012 se tuvo un 2.44%, para el año 2013 fue de 2.42%, en el año 2014 fue de 2.39% y para el año 2015 fue de 2.34% (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Este comportamiento se puede visualizar en la Gráfica 1. La reducción en la tasa de crecimiento poblacional aún guarda preocupación, dado a que para el año 2022, se tiene una proyección de 20 millones de habitantes aproximadamente (Gobierno de Guatemala, 2013). Además, la tasa de crecimiento poblacional aún al reducir, representa aumento poblacional. Se demuestra por medio de la densidad poblacional, ya que en el año 2008 era de 126 habitantes por kilómetro cuadrado y para el año 2015 era de 149 habitantes por kilómetro cuadrado.

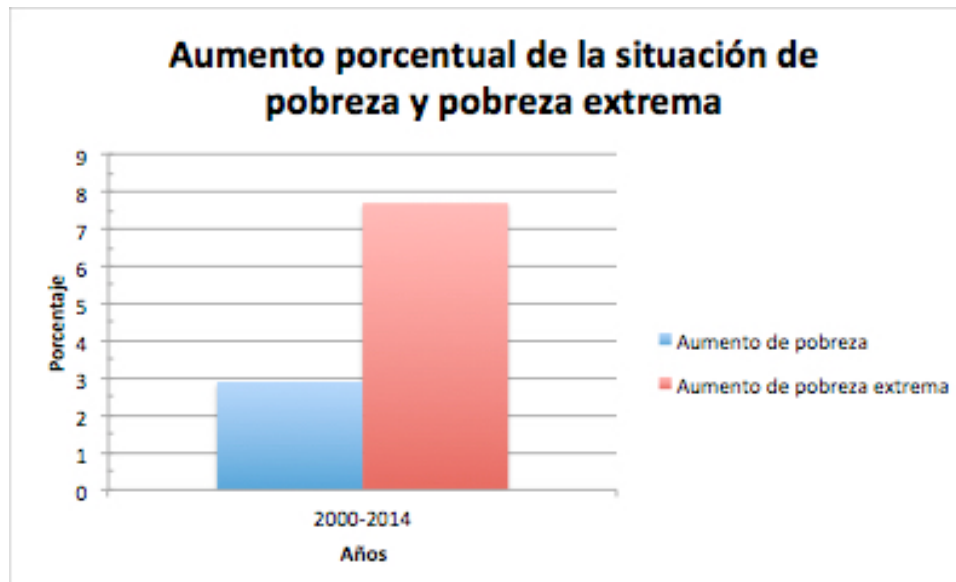


Fuente: Elaboración propia (datos recuperados del INE)

De la mano con el crecimiento poblacional, va la distribución de la pobreza. Para el año 2000, 56.4% de la población se encontraba en situación de pobreza. De ese 56.4%, un 15.7% se

encontraba en condiciones de extrema pobreza (Instituto Nacional de Estadística, 2015) .Para el año 2014, con el 2.39% de crecimiento poblacional (que muestra reducción en la tasa respecto al año anterior), se tiene que el 59.3% de la población se encontraba en situación de pobreza (Instituto Nacional de Estadística, 2015). De ese 59.3%, un 23.4% de la población se encuentra en situación de extrema pobreza (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Hay un claro aumento en la distribución de la pobreza, cada vez va abarcando a más población (ver Gráfica 2).

Gráfica 1: Aumento porcentual en la situación de pobreza y pobreza extrema



Fuente: Elaboración propia (datos recuperados del INE)

Habiendo identificado la pobreza, se puede ver la forma en que su aumento se reparte. Para el año 2000, el 27.3% de la pobreza se encontraba en el área urbana, mientras que un 74.5% de la pobreza se distribuía en el área rural (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Del 56.4% de la población en situación de pobreza, un 77.3% era indígena y un 41.9% es no indígena (Instituto Nacional de Estadística, 2015). En el año 2014, un 42.1% de la pobreza se distribuía en el área urbana, mientras que un 76.1% en el área rural (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Para este mismo año la población indígena en pobreza aumentó a 79.2%, mientras que para la población no indígena aumentó 4.7 puntos porcentuales respecto al año 2000, llegando así a un 46.6% de la población (Instituto Nacional de Estadística, 2015).

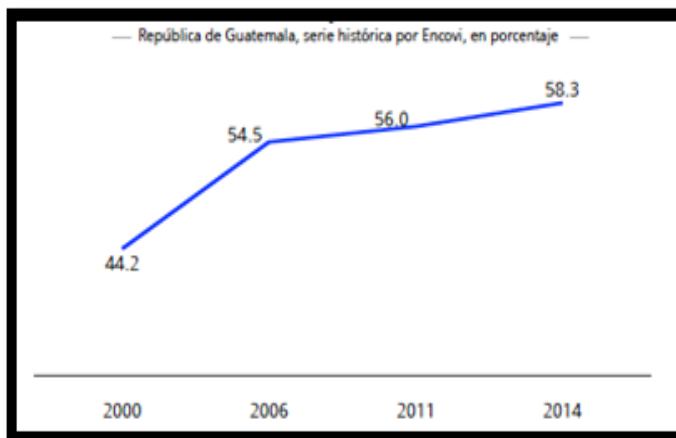
De la misma forma se puede identificar la distribución de la pobreza extrema, en cuanto a su residencia y etnia. Para el año 2000, el 2.8% de la población en pobreza extrema se ubicaba en el casco urbano y un 23.8% de la población en el área rural; un 27.1 % era indígena y un 7.8% no indígena (Instituto Nacional de Estadística, 2015). En lo que respecta al año 2014, un 11.2% de la población en

situación de extrema pobreza se ubicó en el casco urbano y un 35.3% de la población en el área rural; 39.8% de la población era indígena y un 12.8% en no indígena (Instituto Nacional de Estadística, 2015). De tal forma que aumentó la pobreza extrema en el área urbana como también en el área rural. Siempre la población indígena es la que muestra condiciones de pobreza extrema más severas, en contraste con la población no indígena.

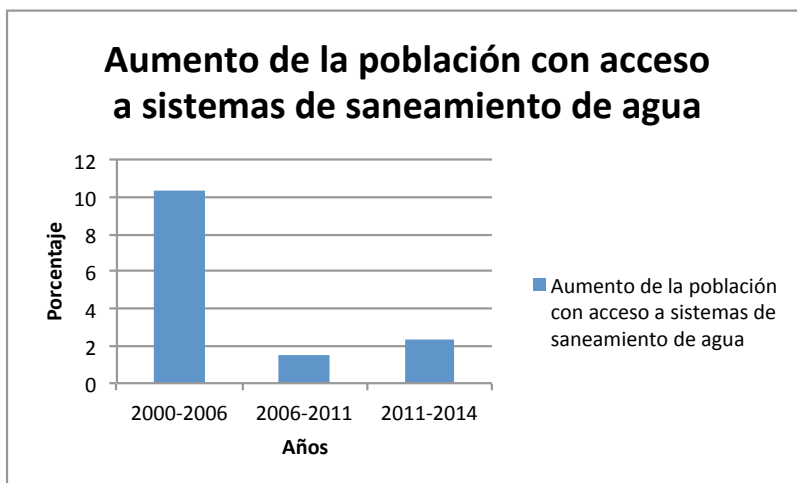
El panorama pinta aumento en la situación de pobreza y pobreza extrema, siendo la pobreza extrema la que más aumento ha demostrado. Según ENCOVI 2015, la pobreza extrema para el año 2000 se definía en Q1, 911 como sueldo. Para el año 2014, la pobreza extrema se delimitaba en Q5, 750 (Instituto Nacional de Estadística, 2015). El costo de la vida va para arriba y de manera significativa.

En el apartado del *interés del agua como un recurso sostenible* se expuso que la calidad del agua está íntimamente relacionada a la pobreza y también tiene un gran peso el crecimiento demográfico sobre ella. Para el año 2000, un 72.6% de la población tenía acceso a fuentes aceptables de agua potable (Instituto Nacional de Estadística, 2015). En el 2006 era un 78.7% de la población contaba con acceso a una fuente adecuada de abastecimiento de agua potable (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Para el año 2011 se bajó a un 75.3% de la población y finalmente para el año 2014 se tuvo un aumento a 77.8% de la población con acceso a fuentes de abastecimiento de agua potable (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Para el año 2014, el 89% de la población en el casco urbano contaba con sistemas de abastecimiento de agua potable adecuados y un 64.4% de la población en el área rural contaba con estos sistemas (Instituto Nacional de Estadística, 2015).

De la mano con las fuentes de abastecimiento de agua potable están los sistemas de saneamiento de la misma, que es la forma en que sale el agua una vez utilizada. El INE dentro de los sistemas de saneamiento de agua, toma en consideración son los sanitarios conectados a un sistema de tuberías de aguas servidas, conexión a fosa séptica, u otros. Para el año 2000 un 44.2% de la población contaba con acceso a sistemas de saneamiento de agua, en el año 2006 un 54.5% de la población contaba con accesos a estos sistemas de saneamiento de agua, para el año 2011 un 56% de la población y por último en el año 2014, un 58.3% de la población contaba con acceso a estos sistemas de saneamiento de agua (Instituto Nacional de Estadística, 2015). La Gráfica 3 muestra el porcentaje de acceso a los sistemas de saneamiento y la Gráfica 4 muestra las variaciones durante los períodos descritos. En cuanto a la distribución de los sistemas de saneamiento, un 83% de la población para el año 2014 en el sector urbano tenía acceso a sistemas de saneamiento de agua de condiciones aceptables y apenas un 28.9% de la población guatemalteca en el área rural contaba con acceso a estos sistemas (Instituto Nacional de Estadística, 2015).

Gráfica 2: Porcentaje de población con accesos a sistemas de saneamiento de agua

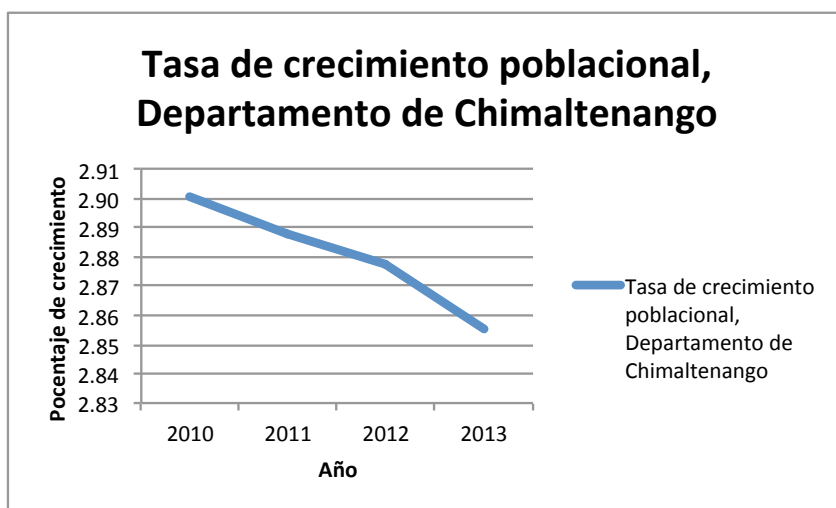
Fuente: INE, 2014

Gráfica 3: Aumento porcentual de población con acceso a sistemas de saneamiento de agua

Fuente: Elaboración propia (datos recuperados del INE)

En el departamento de Chimaltenango, con base al censo nacional de 2002, se tuvo una proyección de 578,976 habitantes para el año 2009, 595,769 personas para el año 2010, 612,973 personas para el año 2011, 630,609 personas para el 2012 y un estimado de 648,615 personas para el año 2013 (Instituto Nacional de Estadística, 2014). La Gráfica 5 muestra los porcentajes de crecimiento poblacional para los años analizados. Para el año 2013, el reparto de la población por etnia era 78.4% de población indígena y un 21.6% de población no indígena (Instituto Nacional de Estadística, 2014). Además de ello, 50.8% de la población se concentra en el área urbana y un 49.2% de la población del departamento en el área rural (Instituto Nacional de Estadística, 2014).

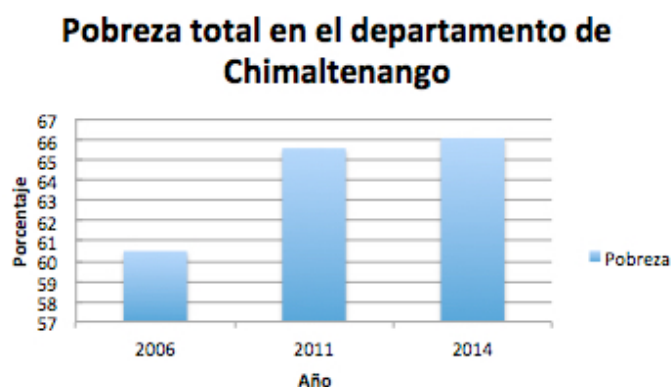
Gráfica 4: Tasa de crecimiento poblacional, departamento de Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia (datosrecuperadosdelINE)

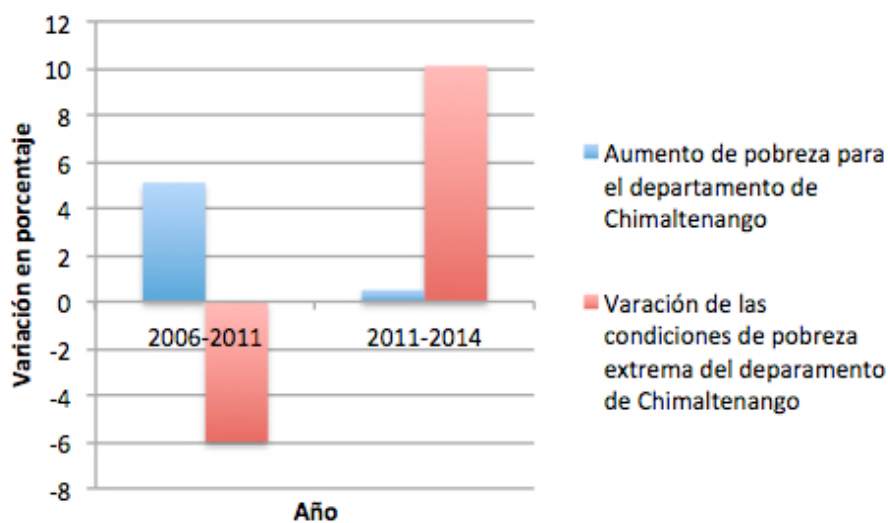
La mayoría de la población se encuentra en situación de pobreza. En el año 2006, el 60.5% de la población vivía en condición de pobreza total y ascendió a 65.6% para el año 2011 (Instituto Nacional de Estadística, 2014). En a la Gráfica 6 se puede ver este comportamiento. En cuanto a la situación de pobreza extrema, en el año 2006 19.3% de la población se encontraba en esta situación y para el año 2011 se registró un 13.3% (Instituto Nacional de Estadística, 2014). En la última encuesta nacional de condiciones de vida se registró en el año 2014 un 66.1% de la población en condiciones de pobreza y un 23.4% de la población en situación de pobreza extrema (Instituto Nacional de Estadística, 2015).

Gráfica 5: Distribución de pobreza total en Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia (datosrecuperadosdelINE)

Gráfica 6: Aumento o disminución de las condiciones de pobreza total y pobreza extrema para el departamento de Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia (datos recuperados del INE)

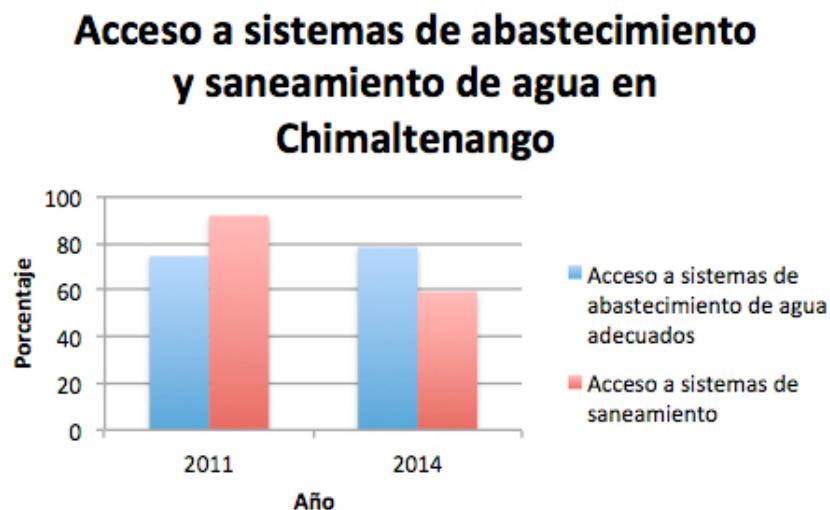
De la población en total, de acuerdo al censo del 2002, el 79% era indígena y el 21% era ladina (Consejo de Desarrollo Departamental de Chimaltenango., 2011). En cuanto a residencia, el 48.8% de ella se ubicaba en el casco urbano, mientras que el 51.2% ubicada en el área rural era ladina (Consejo de Desarrollo Departamental de Chimaltenango., 2011). La mayoría de la gente es indígena y se encuentra en el área rural. De acuerdo a lo que se interpreta de los resultados de distribución de pobreza en cuanto a etnia y ubicación a nivel de república, la gente más afectada es la que se encuentra en el área rural y es indígena. Por lo tanto, se podría ver que Chimaltenango sí es un lugar con estándares de vida poco óptimos.

Asociada a la condición de pobreza, existe una descripción de las condiciones de la calidad del agua. Para el año 2011 en el departamento de Chimaltenango había un 74.5% de viviendas con sistemas de abastecimiento de agua adecuado, mientras que un 25.5% de las viviendas contaban con un sistema de abastecimiento de agua inadecuado (Instituto Nacional de Estadística, 2014). Para el año 2014, alrededor de un 78.4% de la población de Chimaltenango contaba con un sistema de abastecimiento de agua potable adecuado, lo que implica una mejoría respecto al año 2011 de 3.9% (Instituto Nacional de Estadística, 2015).

En conjunto con el abastecimiento, va el saneamiento del agua. En lo que respecta al año 2011, alrededor del 91.9% de la población contaba con acceso a sistemas de saneamiento adecuados (Instituto Nacional de Estadística, 2014). En su contraparte, el 8.1% de la población del departamento contaba con un sistema inadecuado (Instituto Nacional de Estadística, 2014). Para el año 2014, el

59.2% de la población del departamento contaba con un sistema de saneamiento adecuado, donde en vez de mejorar, se empeoran las condiciones (ver Gráfica 7).

Gráfica 7: Abastecimiento y saneamiento de agua en Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia (datos recuperados del INE)

En la subcuenca Xayá-Pixcayá, para el año 1988 no había ningún tipo de basurero formal, la basura se conducía por medio de las vías que llegan a los ríos (Rodríguez., 1988). La basura es contaminación inmediata que pone en detrimento la calidad del agua. Por eso mismo no es de extrañarse lo que se expuso anteriormente, que 2,000 toneladas de desechos sólidos se viertan diariamente a los recursos hídricos a nivel global. Se deja la carga a los recursos hídricos de poder llevarse la basura.

Eso es en cuanto a la remoción de la basura, hay que sumarle el componente del saneamiento. Si para el año 2014 el 59.2% de la población del departamento no contaba con un sistema de saneamiento de agua adecuado, no es de extrañarse que en 1988 no se tuviera sistemas de saneamiento de agua adecuados. Mientras que una porción de viviendas está conectada a la red de drenajes, otra gran porción no lo está y ese es un tema que viene de años atrás. Comalapa era el único lugar que tendría tratamiento para sus aguas residuales para el año 1988 (ver Ilustración 26), el resto de los municipios vertían directamente el agua residual a los ríos Xayá-Pixcayá.

Ilustración 26: Cuadro resumen de viviendas con conexión a alcantarillas en municipios dentro de la subcuenca Xayá-Pixcayá

<i>Municipio</i>	<i>% DE VIVIENDAS CONECTADAS A UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO</i>	<i>% VERTIDO A LAS SUBCUENCAS XAYÁ-PIXCAYÁ</i>
Santa Apolonia	Menor de 50	100
Tecpán guatemala	Menor de 50	100
Patzicía	Menor de 50	-
Santa Cruz Balanyá	25	100
Zaragoza	Menor de 50	100
Comalapa	60	80

Fuente: Rodríguez, 1988

Ampliando en el tema de la calidad del agua, el recurso hídrico que llega a la Ciudad de Guatemala inicialmente cuenta con un parámetro de turbidez entre 5 a 15,000 unidades (Municipalidad de Guatemala, s.f.). La turbidez es uno de los muchos parámetros existentes actualmente que son indicadores de la calidad del agua y para efectos demostrativos de la calidad del agua de la subcuenca Xayá y Pixcayá, es que se menciona aquí. La Organización Mundial de la Salud establece que el agua con valores de turbidez menor a 5 unidades puede considerarse apta para consumo humano (Organización Mundial de la Salud, 2006). Existe una enorme diferencia entre lo que se puede considerar aceptable para consumo humano y el estado inicial del agua de las subcuenca. Es hasta después del tratamiento de agua que se logra un valor de turbidez entre 1 a 2.5 unidades, que ya es apta para consumo humano (Municipalidad de Guatemala, s.f.).

El estado del agua de las subcuenca Xayá-Pixcayá está lejano a ser considerado aceptable. El hecho de tener agua residual que vierte directamente a los ríos, falta de abastecimiento adecuado y una falta de acceso a saneamiento de la misma, basta para determinar que la calidad del agua está comprometida. Al ser un tema progresivo, la idea del humano de “dejar que se lo lleve el agua”, en efecto se cumple y viene a presentar problemas aguas abajo. No es de extrañarse la magnitud de la planta de tratamiento Lo de Coy cuando existen estas condiciones.

3. Agua potable. El agua potable en el ámbito nacional es una de las más grandes preocupaciones, tanto para el país como para las instituciones internacionales que velan por el bien común. Es importante reordenar el sector de abastecimiento de agua en el país, principalmente creando leyes que ayuden a que los recursos lleguen a donde tienen que llegar, creando canales en los países que certifiquen que las estrategias se están implementando. La salud es muy importante y como se menciona anteriormente es íntimamente ligada a la calidad del agua que consumen en ciertas áreas. El agua es Fuente de vida (ONU, 2015)

Las Naciones Unidas plantean que para 2030 se tenga acceso universal e indiscriminatoria al agua potable, así mismo pretende lograr que los niveles adecuados de saneamiento y desinfección y con especial atención a niños y mujeres en condiciones vulnerables, dentro de ese mismo plan de manejo se pretende disminuir la contaminación por vertederos, materiales químicos, desechos industriales. Así mismo es importante crear una cultura de conciencia sobre el uso responsable de los recursos, así se puede garantizar la calidad de los recursos y la vitalicia disponibilidad de los mismos, atendiendo de esa manera la amenaza de escasez del recurso. Es importante mencionar también que este plan contempla la importancia que tienen los distintos ecosistemas con relación al ciclo del agua, como los son las montañas, los bosques, los humedales, los ríos, lagos y cualquier otro cuerpo de agua o de conservación de agua. Todo esfuerzo planteado en el plan de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es fundamentado que se necesitará apoyar y fortalecer las comunidades locales y de esa manera se podrá mejorar la gestión del agua y su saneamiento. (ONU, 2015)

4. Agua potable y saneamiento. Según datos de (ENCOVI, 2011) se resalta que la cobertura de agua para consumo humano en Guatemala se encuentra en 75.3%, y de 55.96% de saneamiento de la cantidad de agua abastecida, es decir, únicamente un poco más de la mitad del agua abastecida en el país incluye métodos de saneamiento de los recursos, en otras palabras se podría decir que no es agua potable, si no únicamente agua captada y trasladada para que los beneficiados hagan uso de ella, aunque bien no deberían consumirla sin antes ellos mismo darle algún tratamiento. De los aproximadamente 14 millones de guatemaltecos que indica que 3 millones no tienen acceso agua potable, viven del acarreo de recursos por medio de algún río cercano y únicamente 6 millones tienen acceso a agua con los tratamientos adecuados de saneamiento y potabilización. (MSPAS, 2016)

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social desarrollo un plan Agua Potable y Saneamiento que pretende poner en práctica para 2016 el cual pretende mejorar las condiciones de salud y calidad de vida de los habitantes, mediante la cobertura de agua potable y saneamiento, es importante indicar que la dotación para las poblaciones, hay que definir las y garantizarlas en gran porcentaje de comunidades que las población que actualmente tengan el recurso, puede que en poco tiempo ya no lo logren sufragar y sea necesario replantear los sistemas.(MSPAS, 2016)

5. Actualidad de los servicios de agua potable. Los hogares en Guatemala con servicios de agua potable aptan para consumo humano es de 75.27%, entonces se puede decir que 3 millones de guatemaltecos no tienen acceso a agua potable, siendo los departamentos más afectados Alta Verapaz, Retalhuleu, Escuintla, Suchitepéquez, Peten e Izabal. Tomando en cuenta que, de la red existente hay lugares a donde los recursos no llegan todos los días o bien hay tuberías dañadas y no llega la totalidad de la dotación prevista para la comunidad. (ENCOVI, 2011)

Tabla 5: Metas de potabilización y saneamiento de agua potable

Indicador	Unidad de Medida	Años					Meta	Brecha
		1990	2002	2006	2011			
Proporción de la población con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable	Porcentaje de la población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable	63.00	75.00	78.70	75.30	81.00	6.20	
Proporción de la población con servicios de saneamiento mejorado	Porcentaje de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados	32.00	47.00	55.00	56.00	66.00	10.00	

Fuente: SEGEPLAN, 2012

6. Parámetros asociados a la calidad del agua. La calidad del agua se mide en cuanto a parámetros físico-químicos y microbiológicos, haciendo una comparación con límites establecidos. En muchos casos se consideran únicamente las características físico-químicas, pero es importante sumar las características biológicas del agua, siempre considerando el fin que tendrá (Diersing, 2009). Los límites más rigurosos se aplican para el agua para consumo humano. En efecto, lo que se hace en la planta Lo de Coy es tratar el agua para lograr su potabilización.

Una propiedad física es aquella que es capaz de ser cuantificada y observada sin comprometer la muestra (Chang, 2009). Por otro lado, un parámetro físico o característica física, es aquel que puede apelar a los sentidos del ser humano, siendo tacto, olor, apariencia y sabor, el sonido es uno que no entra en consideración en términos de la calidad del agua. Los parámetros físicos más considerados en la calidad del agua son: turbiedad, sólidos en suspensión, color, olor, sabor y temperatura (Martel, s.f.).

La turbiedad es una característica que asocia la transparencia del agua. La transparencia del agua está íntimamente relacionada al nivel de las partículas suspendidas; por ejemplo, arcillas, limos y suelos (Martel, s.f.). Entre más partículas estén disueltas, se tendrá una mayor turbidez del recurso hídrico. La unidad de medida de la turbiedad son las unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). El agua para el consumo humano debe de andar como máximo en 5 UNT (Organización Mundial de la Salud, 2006).

En cuanto a los sólidos en suspensión, se hace referencia a todos los sólidos que son insolubles. Estos son generalmente partículas coloidales, que son aparte de aquellas que causan turbidez del agua (Martel, s.f.). De esta cuenta los sólidos en suspensión poseen partículas de tamaño significativo y por eso mismo su remoción no es complicada. Una simple filtración puede hacerse cargo de su remoción.

El siguiente parámetro físico relacionado a la calidad del agua es el color. El color en el agua es una característica que puede venir dada por diversas fuentes, incluso se puede asociar a la turbidez. Algunas causas del color del agua son: remoción de suelos, presencia de metales disueltos como hierro y manganeso, materia orgánica, lignina, entre otras (Martel, s.f.). Dentro de lo que es color, está el color crudo y el color verdadero. La diferencia entre ellos es que el color crudo es aquel que tiene el agua en el punto de interés. (Martel, s.f.). El color verdadero, es el color resultante del agua posterior al proceso de tratamiento; para este color, la Organización Mundial de la Salud establece como límite 15 unidades de color (UC) (Martel, s.f.).

El siguiente parámetro físico es el olor. El olor responde obviamente al sentido del olfato y es importante en términos de la calidad del agua porque no es muy correcto pensar que el agua para el consumo humano tendría un mal olor. Un olor puede venir dado por varias razones, desde presencia de

materia orgánica, hasta por la presencia de vegetación aledaña de la fuente de agua. A continuación, se muestra en la Ilustración 27 una gama de olores y sus posibles causas (Martel, s.f.).

Ilustración 27: Olores reconocibles y su fuente

Naturaleza	Origen
Olor balsámico	Flores
Dulzor	<i>Coelosphaerium</i>
Olor químico	Aguas residuales industriales
Olor a cloro	Cloro libre
Olor a hidrocarburo	Refinería de petróleo
Olor medicamentoso	Fenol, yodoformo
Olor a azufre	Ácido sulfhídrico, H ₂ S
Olor a pescado	Pescado, mariscos
Olor séptico	Alcantarilla
Olor a tierra	Arcillas húmedas
Olor fecaloide	Retrete, alcantarilla
Olor a moho	Cueva húmeda
Olor a legumbres	Hierbas, hojas en descomposición

Fuente: Martel (s.f.)

Lo que huele mal, se espera que sepa mal. Pueda que esto sea un paradigma o una idea errónea, pero en términos de agua es muy probable que el agua que huela mal, sepa mal también. Los sabores que más se pueden percibir son los metales como el magnesio, calcio, sodio, cobre, hierro y zinc (Organización Panamericana de la Salud, 1985). No existe una medición en términos del sabor del agua, solo se espera que el agua para consumo humano carezca de sabor (Martel, s.f.)

El último parámetro físico relacionado a la calidad del agua es la temperatura. Agua con temperatura elevada da es un buen lugar para la proliferación de agentes contaminantes. Si se toma una muestra de agua y se obtiene un resultado alto, se puede tener un primer indicio acerca de agua con calidad comprometida (Organización Mundial de la Salud, 2006). En cuanto al agua potable se da el mismo caso, aunque sea tratada pero que muestre temperaturas elevadas, es una señal de alerta. Pueda que algún proceso interno está sucediendo y que su calidad no es potable todavía. En el Cuadro 1 se puede ver el resumen de los parámetros físicos asociados a la calidad del agua.

Cuadro 1: Parámetros físicos de la calidad del agua

Parámetros físicos	Turbiedad
	Sólidos en suspensión
	Color
	Olor
	Sabor
	Temperatura

Fuente: Elaboración propia.

Una vez expuestos los factores físicos relacionados a la calidad del agua, es indispensable analizar los parámetros químicos que se asocian a ella. Los contaminantes químicos son aquellos metales que se pueden encontrar disueltos en el agua. Algunos de ellos son: aluminio, cloruro, cloro, cobre, flúor, sodio y cinc, nitritos y nitratos. Otros aspectos químicos importantes a considerar son la alcalinidad, la dureza, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y pH.

El aluminio es un metal que se puede encontrar en el agua tanto en su estado natural como en sal de aluminio (Organización Mundial de la Salud, 2006). Se espera que concentraciones de aluminio disueltas mayores a 0.2 miligramos por litro causan coloración del agua y por lo tanto, afectan la calidad del agua (Organización Mundial de la Salud, 2006). En cuanto al cloruro, este metal incide en el sabor del agua. La presencia de cloruro puede hacer que el agua sepa salada y si es así, de nuevo se compromete la calidad del agua potable. La (Organización Mundial de la Salud, 2006) pone como margen 200 a 300 miligramos por litro de agua para cloruros de sodio, potasio y calcio. A su vez, no cuenta con un margen de aceptabilidad tanto para el aluminio y cloruros, que permita relacionar un daño a los humanos por su consumo.

El tercer aspecto químico considerable en la calidad del agua potable es el cloro. Una cantidad considerable de personas están familiarizadas con el olor del cloro y con su efecto sobre la piel cuando se está en contacto. El cloro por su olor es notable, el valor de referencia establecido por la OMS es de 5 miligramos por litro. Incluso se aclara que este valor es alto debido a que el cloro es capaz de detectarse en el agua en cantidades de hasta 0.3 miligramos por litro (Organización Mundial de la Salud, 2006). Una alta presencia de cloro por lo tanto compromete el sabor del agua, de esa manera comprometiendo la calidad de la misma.

El cuarto parámetro a analizar es el cobre que se puede encontrar disuelto en el agua. La presencia de este elemento en el agua es posible por medio de la degradación de tuberías de cobre usadas en la conducción de agua. Su presencia en el recurso hídrico puede causar los siguientes daños: coloración del agua que por ende causa manchas en donde se aplique, desgaste de materiales en contacto y sabor indeseable en el agua (Organización Mundial de la Salud, 2006). Las manchas pueden tener lugar cuando la concentración de cobre disuelto es de 1 miligramo por litro y la coloración del agua puede ocurrir cuando la presencia de cobre es de 5 miligramos por litro (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Seguidamente, el quinto parámetro químico de la calidad del agua es el flúor. El flúor de forma general es algo bueno porque apoya la buena condición dental. Su exceso lo que hace es que daña los dientes o produce manchas en los dientes, en este caso dejando de ser algo positivo para la persona (Martel, s.f.). La concentración que es considerada adecuada en agua potable de acuerdo a la Organización Mundial de la salud es de 1.5 miligramos por litro (Martel, s.f.).

El sexto parámetro químico es el sodio. El agua salada no es agradable para el consumo humano, por lo tanto, el valor de sodio en el agua debe de ser 200 miligramos por litro o menor (Organización Mundial de la Salud, 2006). El ser humano se nutre de agua dulce, el consumo de agua salada es algo que no se considera agradable ni adecuado hasta el día de hoy.

Justo como la presencia del cobre en el agua, la presencia de cinc en el recurso hídrico para consumo humano es algo poco común y se da debido a los medios por donde el agua circula. El cinc tiene efecto tanto en el sabor como el color del agua y de nuevo al verse comprometidos estos dos parámetros físicos, la calidad del agua de forma general se ve comprometida. La cantidad presente de cinc en agua para consumo humano tiene a oscilar por lo general en 0.1 miligramos por litro, pero su valor puede llegar hasta los 4 miligramos por litro, en este extremo es donde se manifiestan las repercusiones en cuanto a color y sabor del agua (Organización Mundial de la Salud, 2006).

El siguiente parámetro químico a analizar es la presencia de nitratos y nitritos. Un nitrato es sal de ácido nítrico y un nitrito es sal de ácido nitroso (Martel, s.f.). Del nitrógeno se obtiene el nitrato y una vez el nitrato se contacta con actividad bacteriológica se obtienen los nitritos (Martel, s.f.). La presencia de nitritos y nitratos es común debido al uso de líquidos agrícolas que se vierten a los recursos hídricos. Su consumo tiene daños adversos a la salud, dañan los tejidos corporales y lo que tienden a causar es una obstaculización en el flujo sanguíneo por su interacción del hierro en la sangre (Martel, s.f.). Un consumo de 10 miligramos por litro ya se ha visto que repercute en los humanos, más que todo en infantes. La Organización Mundial de la Salud pone un parámetro de 50 miligramos por litro de nitratos y 3 miligramos por litro de agua de nitritos como base de aceptabilidad en el agua, lo que parece un valor alto todavía cuando se han visto daños a tan solo 10 miligramos por litro (Martel, s.f.). Canadá en este caso es más conservadora y ha puesto una limitante de 10 miligramos por litro de nitratos y de 1 miligramo por litro de nitritos, que es más seguro para el consumidor (Martel, s.f.).

Una vez expuestos unos de los factores químicos que se pueden encontrar presentes en el agua, los otros parámetros químicos importantes a considerar son: alcalinidad, dureza, demanda de oxígeno disuelto y el pH. La alcalinidad se define como la propiedad del agua a no permitir la acidez dentro de ella (Martel, s.f.). Agua que sea muy alcalina tiende a tener un mal sabor y aumenta su capacidad corrosiva, por lo que no es apta para consumo humano. Por lo general este parámetro se asocia a otros, no es considerado de forma individual.

La dureza por otro lado, es una propiedad química que tiene que ver con la presencia de calcio y magnesio en el agua; por eso mismo es que al mezclarse jabón con agua *dura*, el jabón se asienta (Organización Mundial de la Salud, 2006). La presencia de calcio que es tolerada es de 100 a 300 miligramos por litro, mientras que de magnesio es menor (Organización Mundial de la Salud, 2006). El agua que es poco dura se asocia con una alcalinidad baja, que puede resultar corrosiva. El agua que

cuenta con alta dureza puede dejar recubrimientos en su paso, a razón de la alta presencia de calcio y magnesio disueltos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Siguiendo con los parámetros químicos se encuentra el oxígeno disuelto. Tal y como su nombre lo indica, es una medida de que tanto oxígeno se encuentra disuelto en el agua. La cantidad de oxígeno fluctúa mucho, algunos factores que causan variación en él son: vegetación presente, temperatura, presión, minerales presentes, incluso las estaciones del año (Martel, s.f.). Por ejemplo, en agua a 10 grados centígrados, el oxígeno disuelto se ve distribuido por tanto agentes vivos y muertos en el agua, mientras que en agua a 20 grados centígrados la distribución de oxígeno disuelto está regulada únicamente por los agentes vivos (Martel, s.f.). Una cantidad baja de oxígeno disuelto por lo general indica que la calidad del agua está severamente comprometida, dando lugar a un posible alto nivel de contaminación del recurso, pero tampoco quiere decir que un alto nivel de oxígeno disuelto sea lo mejor en términos de agua potable. No hay un parámetro establecido por la Organización Mundial de la Salud sobre la cantidad de oxígeno disuelto que debe haber en el agua.

Hablando de oxígeno, el siguiente parámetro químico es la demanda bioquímica de oxígeno. Muchas de las fuentes de agua se encuentran contaminadas por materia orgánica y no solo es un fenómeno que se puede asociar a zonas agrícolas, por lo mismo que existe una vasta cantidad de población sin acceso a sistemas de saneamiento. El agua residual se contamina con materia orgánica y el impacto hacia las otras fuentes de agua es directo. El oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica en una fuente, muestra, o porción de agua, es lo que se conoce como la demanda bioquímica de oxígeno (Martel, s.f.). Fuentes de agua altamente contaminadas por materia orgánica entonces requerirán de mayor cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica. Este parámetro es muy importante al considerar el tratamiento del agua para hacerla potable.

Finalmente, el último parámetro químico es el pH, es un indicador respecto a que tan ácida o básica es el agua. El control del pH es sumamente importante debido a que agua con tendencia ácida puede causar corrosión, mientras que agua con tendencia a ser una base (pH alto) puede implicar la deposición de metales disueltos por medio de costras (Martel, s.f.). Su importancia no radica tanto en el agua potable, sino en el tratamiento del agua para poder hacerla potable (Organización Mundial de la Salud, 2006). Un rango de aceptabilidad del potencial hidrógeno es entre 6.5 a 8 (Organización Mundial de la Salud, 2006).

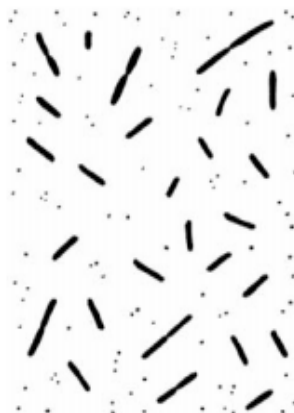
Una vez expuestos los parámetros físicos y químicos asociados a la calidad del agua es necesario analizar el tercer entorno importante, el microbiológico. Esta es una rama muy amplia, por lo que la (Organización Mundial de la Salud, 2006) describe que la parte más importante es la identificación de rastros fecales, tanto humanos como de animales. De la mano de los rastros fecales se analiza: coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y bacterias heterotróficas anaerobias (Zumaeta, 2004).

Los coliformes totales son un tipo de bacteria que cuentan con una alta facilidad de reproducción, además un rasgo característico es su capacidad de fermentar (Zumaeta, 2004). Tras analizar este factor microbiológico no se puede tomar como indicador de rastros fecales. Estos son muy sensibles a los procesos de tratamiento de agua, por lo que su valor está en dar una perspectiva sobre el proceso de tratamiento de agua efectuado (Organización Mundial de la Salud, 2006). Es por eso mismo que agua posterior a su tratamiento no debe de contar con rastros o indicios de coliformes totales, si es así se sugiere la inspección del agua que por lo general tenderá a su tratamiento una vez más (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Los coliformes termotolerantes son aquellos que cuentan con el mismo rasgo característico de los coliformes totales de poder fermentar lactosa, con la diferencia que los termotolerantes lo hacen en un rango de 44 a 45 grados centígrados (Organización Mundial de la Salud, 2006). Contrario a los coliformes totales, los coliformes termotolerantes si muestran o relacionan indicios de contaminación fecal.

Ligado a indicios de contaminación fecal, está el parámetro más importante en cuanto a la contaminación microbiana, la *Escherichia coli* (ver Ilustración 28). La *Escherichia coli* es un coliforme termotolerante que se encuentra en las heces humanas y de animal. Estas son las fuentes primarias, aunque la (Organización Mundial de la Salud, 2006) expone que en raros casos se puede encontrar este tipo de contaminación bacteriana en suelos correspondientes a zonas del trópico. La presencia de esta bacteria causa enfermedades como diarreas y colitis hemorrágica (Zumaeta, 2004). Justo como los coliformes totales, no debe de haber indicio de contaminación por *Escherichia coli* en agua para consumo humano (Organización Mundial de la Salud, 2006).

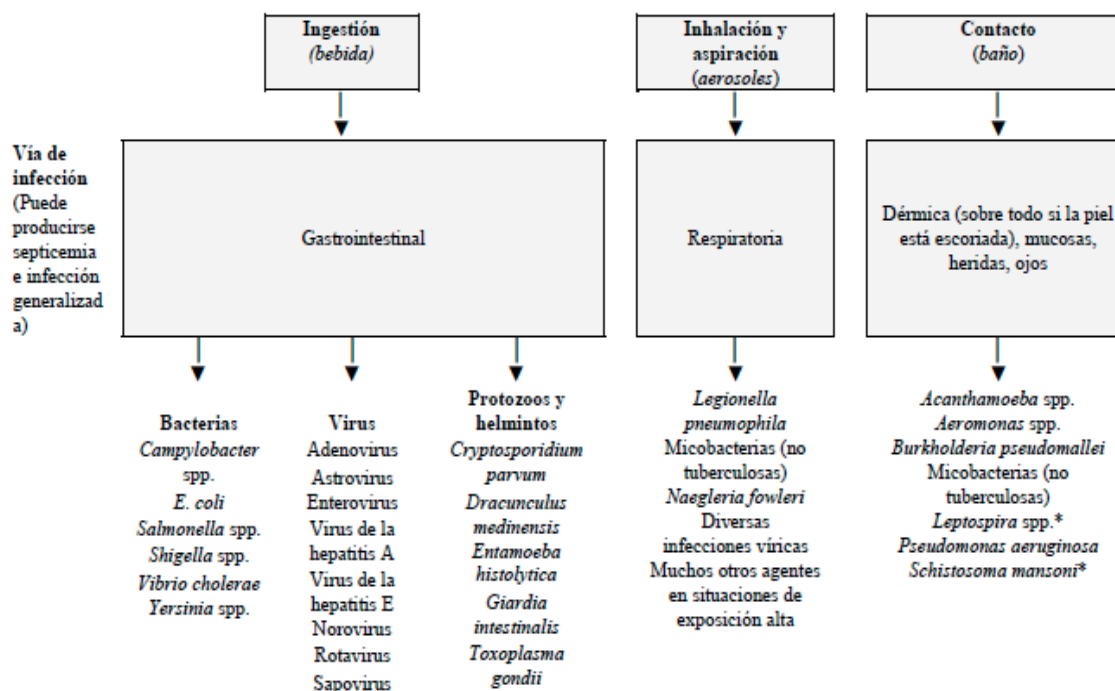
Ilustración 28: *Escherichia Coli*



Fuente: Aurazo de Zumaeta, 2004.

Por último, dentro de las bacterias heterotróficas anaerobias están los enterococos intestinales. Son un indicador de contaminación fecal y su origen es por heces de humanos o animales que sea de sangre caliente (Organización Mundial de la Salud, 2006). Esto significa que fuentes de agua que estén expuestas a este tipo de agresión son altamente susceptibles a la contaminación por enterococos intestinales. A pesar de ser indicadores de contaminación fecal, la *Escherichia coli* tiene mayor validez como indicador. Este parámetro no es excepción alguna al resto de los parámetros microbiológicos respecto a la aceptabilidad en el agua para consumo, no puede haber rastro de él para que el agua sea apta para el consumo. En la Ilustración 29 se ve un cuadro resumen de diferentes formas de exposición a agua contaminada y la infección que puede haber en cada caso y que agente microbiano es el que puede ser causa de ello.

Ilustración 29: Relación de contacto con agua contaminada y su efecto de acuerdo a agentes microbiológicos



* Principalmente por contacto con aguas superficiales muy contaminadas.

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2006)

7. Normativa de la calidad del agua

a. **COGUANOR NTG 29001.** La Norma Técnica Guatemalteca 29001 son las especificaciones para el agua para consumo humano, entiéndase agua potable. La norma comienza con la descripción del alcance de la misma, en donde establece que lo que se quiere es dar a conocer son los requisitos que el agua debe cumplir para ser potable. Posterior al alcance se tiene el campo de aplicación de la norma; aquí está la aclaración que no solo el agua para consumo directo tiene que cumplir con la norma, sino que toda agua que tenga contacto con alimentos y con uso dentro de la vivienda también debe hacerlo. En la fase final introductoria de la norma NTG 29001 se listan definiciones. Dentro de las múltiples definiciones que se listan vale la pena mencionar lo que es el LMA y LMP. El LMA es el límite máximo aceptable, el cual representa un valor en donde a partir de ese punto ya se pueden notar ciertas características en el agua, lo que puede comprometer el consumo por gusto del humano, pero no hay un riesgo asociado. El LMP es el límite máximo permisible, donde a partir de esos valores el agua ya no se considera en condiciones adecuadas para ser consumida.

La normativa se desglosa en una serie diversa de cuadros descriptivos donde se exponen los límites máximos aceptables y los límites máximos permisibles. La primera parte trata al respecto de características físicas y organolépticas (ver Ilustración 30) y la segunda parte son las características químicas con las que debe contar el agua potable (ver Ilustración 31). Dentro de las características químicas la primera parte son químicos generales, sucesivamente se encuentran las relaciones de sustancias inorgánicas y orgánicas representativas para la salud humana. Para cerrar la parte de características químicas también se contemplan los plaguicidas cuya presencia es representativa para los humanos. La tercera y cuarta parte de la norma representan las características microbiológicas y aspectos radiológicos (ver Ilustración 32).

Ilustración 30: Características físicas y organolépticas según COGUANOR 2013

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 μ S/cm	1500 μ S/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: COGUANOR, 2005

Ilustración 31: Características químicas según COGUANOR

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 (SO 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: COGUANOR, 2005

Ilustración 32: Características microbiológicas según COGUANOR

Microorganismos	Límite máximo permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

Fuente: COGUANOR, 2005

b. Acuerdo Ministerial No. 523-2013. El 3 de octubre de 2013, se emitió el Acuerdo Ministerial No.523-2013 de observancia general, con tal de respaldar a la norma COGUANOR NTG 29001 que fue previamente expuesta. Este acuerdo vela por el establecimiento de lineamientos respecto a la calidad del agua potable por medio del Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. El artículo 1 es el objeto del manual, aquí se expone que el propósito es dejar las bases técnicas necesarias para poder vigilar y controlar la calidad del agua potable.

Una vez se tiene el panorama general de este acuerdo, se procede al capítulo dos del manual que habla sobre las especificaciones de calidad. Aquí se menciona el rango del pH del agua, el cloro libre, el hierro total, influencia radiológica y los límites máximos permisibles a considerar en la calidad del agua potable, donde se hace referencia a COGUANOR NTG 29001. El capítulo tres es el más fuerte porque es la parte de vigilancia y control de la calidad del agua potable. Este capítulo comienza con el artículo 11 y llega hasta el artículo 19.

El artículo 11 se refiere a la vigilancia del cloro presente en el agua y se especifica una revisión diaria por lo menos cuando se trata de redes de agua urbanas y de una vez a la semana cuando son redes de agua potable rurales. El artículo 12 tiene como énfasis el tema microbiológico. Así como se ha visto en los parámetros asociados a la calidad del agua, en el tema microbiológico, la parte central es la escherichia coli y la parte de los coliformes. De esa cuenta, se recomienda que el Ministerio debe realizar una revisión diaria en toda red de agua urbana que abastezca a más de cien mil habitantes, si en dado caso es menos gente abastecida, se tiene que seguir lo descrito en la Ilustración 33 (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013). Para los sistemas rurales se recomienda una revisión cada dos meses (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013).

Ilustración 33: Recuperación de muestras para redes de abastecimiento menores a 100,000 habitantes

Habitantes abastecidos	Muestras por mes	Habitantes abastecidos	Muestras por mes
1 – 5000	1	50001 – 55000	11
5001 – 10000	2	55001 – 60000	12
10001 – 15000	3	60001 – 65000	13
15001 – 20000	4	65001 – 70000	14
20001 – 25000	5	70001 – 75000	15
25001 – 30000	6	75001 – 80000	16
30001 – 35000	7	80001 – 85000	17
35001 – 40000	8	85001 – 90000	18
40001 – 45000	9	90001 – 95000	19
45001 – 50000	10	95001 – 100000	20

Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social, 2013

Ahora bien, el artículo 13 habla al respecto sobre la responsabilidad de seguir el programa de análisis mínimo impuesto por COGUANOR NTG 29001, con una frecuencia de dos veces al mes cuando se trata de redes que alimenten más de cien mil personas, de ahí se sugiere que se haga un muestreo por cada cinco mil habitantes una vez las redes alimenten a menos de cien mil habitantes y finalmente se sugiere una revisión anual para redes rurales. El artículo 14 sigue y se pide un análisis de cloro residual diario para redes urbanas y análisis semanal cuando las redes son rurales. El artículo 15 es similar al artículo 12, donde cambia la perspectiva de quien es el que debe elaborar pruebas. Se pide que el proveedor de agua haga una prueba diaria cuando la red abastezca a más de veinte mil personas, de ser menos de veinte mil habitantes se debe acudir a la Ilustración 34. Finalmente, para áreas rurales se pide que el proveedor tenga un control de por lo menos una vez al mes.

Ilustración 34: Frecuencia de muestreos cuando la red abastece a menos de 100,000 personas.

Habitantes abastecidos	Muestreos por semana	Habitantes abastecidos	Muestreos por semana
1 – 5000	1	10001 – 15000	3
5001 – 10000	2	15001 – 20000	4

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013.

El artículo 16 resalta que se necesita de por lo menos un control usando el programa de análisis mínimo, una vez por mes para redes de alimentación que abastezcan a más de veinte mil personas. Cuando es menos gente, se pide un control de por lo menos una muestra por cada cinco mil habitantes una vez cada seis meses. Finalmente, en el área rural se pide un control de una muestra vez cada seis meses.

Siguiendo con el manual, el artículo 17 menciona la necesidad de presentar un informe de los análisis realizados a la autoridad competente una vez por mes. El artículo 18 del capítulo tres del manual menciona la forma en cómo recuperar las muestras de agua. Se pide por lo menos un punto de recuperación de muestras en cada tanque de almacenamiento (tomando el agua entre treinta a sesenta centímetros de la superficie) y en otros tres puntos por lo menos en el circuito de distribución del agua. La última parte del capítulo tres del manual es el artículo 19 y cierra dando a conocer que los resultados obtenidos a partir de las muestras son válidos una vez se obtienen de organizaciones como: Asociación Americana de Salud Pública, COGUANOR y Federación de Ambientes Acuáticos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013).

La parte de vigilancia y control cubre la mayor parte del Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lo que resta son datos complementarios, como lo es la gestión de la calidad del agua, las infracciones y sanciones imputadas en distribuidores de agua que no acaten la normativa y los incisos del manual, finalmente algunos comentarios al respecto que sirven para conocimiento general y de cierta manera dejan una señal de advertencia.

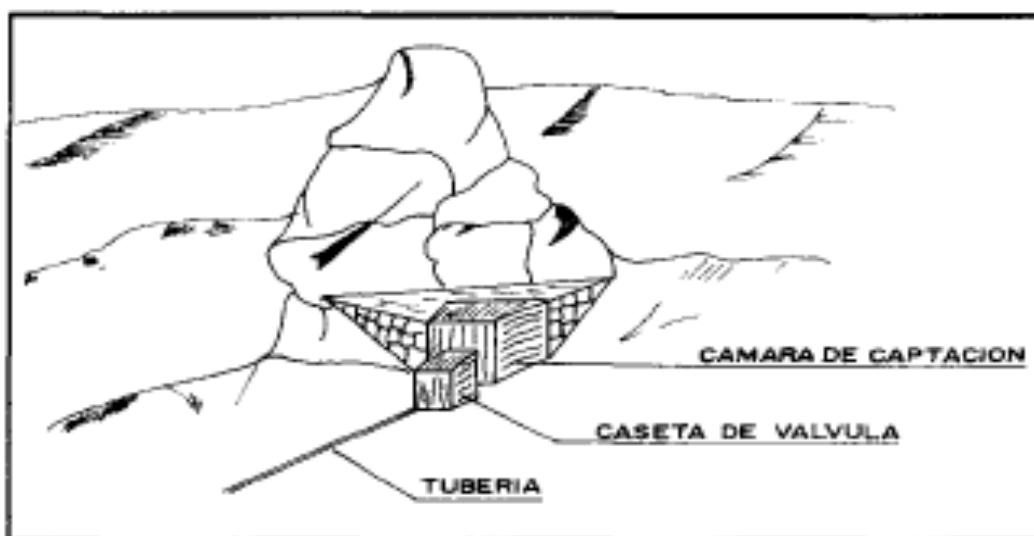
E. Tipos de sistemas de distribución y fuentes de agua

1. **Tipos de fuentes de agua.** Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser diversas, pero siempre debe tomarse en cuenta el tratamiento adecuado en función del origen de los recursos, dentro de las formas de abastecimiento de agua para comunidades pequeñas como para grandes ciudades se tienen fuentes superficiales, subterráneas y pluviales, la disponibilidad del recursos va en función de la población, ubicación geográfica y disponibilidad del agua durante el año, hay que tomar en cuenta que unos sistemas pueden ser más económicos que otros en cuanto a mantenimiento pero aun en este caso siempre dependerá de la ubicación y disponibilidad de los recursos.

En el caso particular de Guatemala se tienen dos principales fuentes de abastecimiento de agua, que son fuentes superficiales y fuentes subterráneas, la captación de agua de lluvia no es muy común, el agua superficial es captada principalmente de pequeñas venas que pasan muchas veces cerca de las comunidades o de las ciudades cuando son lo suficientemente grandes, pero por lo general existe el problema de la contaminación por residuos orgánicos o industriales, lo que hace muy caro el tratamiento de potabilización del agua. En algunas comunidades es muy utilizada el agua de manantiales de montañas o nacimientos, estos son afloramientos naturales de agua subterránea que fluyen a través de estratos rocosos o fisuras en rocas. Estos recursos muchas veces pueden utilizarse sin necesidad de un tratamiento previo a su consumo, pero siempre hay que hacer pruebas de calidad. (SEGEPLAN, 2012)

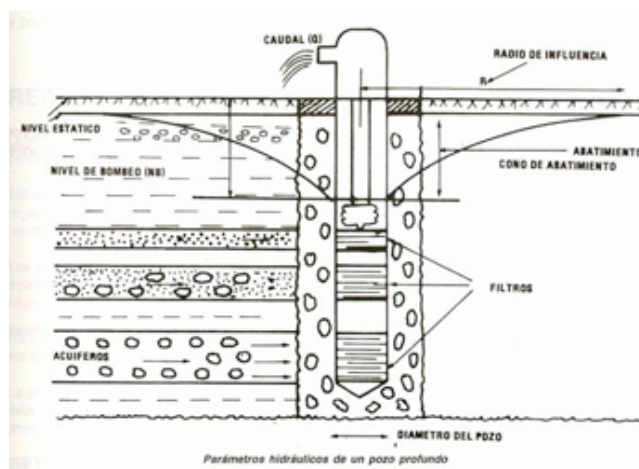
a. **Fuentes subterránea.** Este tipo de captaciones se hacen a través nacimientos o floración de agua a través de estratos rocosos que permiten su afloramiento, estos sistemas son muy comunes y muchas veces son provenientes de montañas altas, estos presentan la única dificultad de su infraestructura para poder llevar los recursos a donde la comunidad beneficiada pueda hacer uso de ella. Otro método de captación de agua subterránea son los pozos, siendo estos, artesanales como mecánicos, elaborados con maquinaria compleja que realiza excavaciones a profundidades muy grandes que no pueden hacer con mano de obra humana. Es importante mencionar que cuando las captaciones son subterráneas hay que tomar en cuenta los microorganismos que contienen y hay que hacer pruebas de calidad de agua y análisis fisicoquímico y pruebas bacteriológicas para descartar que pueda ser nociva para la salud. (MSE, 2005)

Ilustración 35: Captación de agua subterránea



Fuente: MSE, 2005.

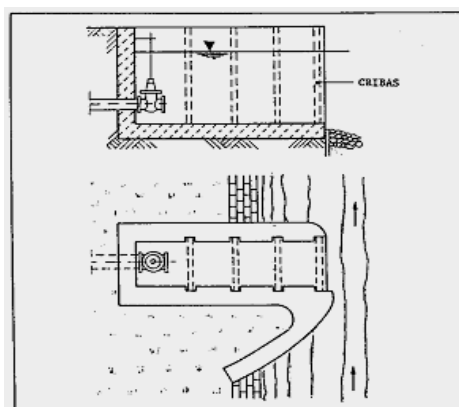
Ilustración 36: Captación de agua subterránea – Pozo mecánico



Fuente: Perdomo, 1990

b. Fuentes superficiales. Este tipo de fuentes son captación provenientes de ríos o lagos que fluyen naturalmente en la superficie de la tierra, este tipo de fuentes no son muy recomendable porque normalmente son fuentes propensas a mucha contaminación por parte de las comunidades o bien desechos orgánicos o químicos de las zonas industriales o de cultivos son arrastrados por agua de lluvia hacia el cuerpo de agua, provocando su contaminación y si toma en cuenta que la captación podría estar agua abajo, se tendría un problema muy grande para la potabilización de los recursos y esto lo hace muy caro, en cuanto a la obra de captación no sería muy grande pero hay que considerar que en ese caso hay que tomar en cuenta que el caudal del mismo debe mantenerse en un rango prudente, lo que se conoce como caudal ecológico, esto con el fin de no afectar a las poblaciones beneficiadas agua abajo de la captación o bien no afectar a el ecosistema de la Fuente. (Perdomo, 1990)

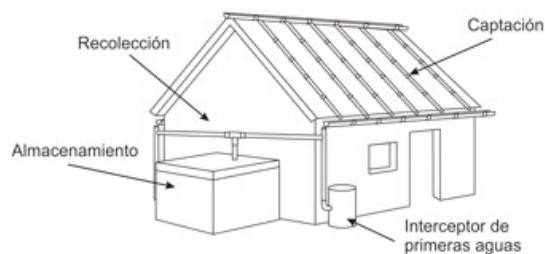
Ilustración 37: Captación de agua de río



Fuente: Perdomo, 1990.

c. **Agua de lluvia.** La captación de agua de lluvia es un sistema muy poco utilizado en ciudades, pero en lugares donde el recurso es muy escaso o comunidades que no tienen los recursos económicos suficientes para realizar grandes obras de captación y transporte de agua este método es fundamental, consiste en la utilización de techos a dos aguas, se captará el agua en función de los niveles de precipitación de la época de año y podrá ser almacenada si algún caso llega a haber suficiente para ello. Es un sistema muy antiguo y muy básico. (Perdomo, 1990)

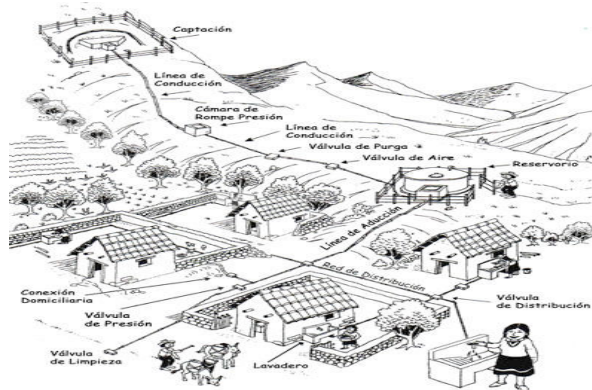
Ilustración 38: Captación de agua de lluvia



Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009.

2. Sistema de distribución de agua. Existen muchos sistemas de distribución y abastecimiento de agua, estos son especialmente diseñados y adecuados a las características de la población que a beneficiar, lo más común y más económico es realizar sistemas de distribución utilizando la gravedad, de tal manera que la energía potencial del agua, dada por su ubicación sea aprovechada y llegue a sus beneficiados, los sistemas utilizados son, por gravedad o por bombeo, cada uno de estos puede tener métodos de desinfección según se establezca en el tanque de distribución. En zonas Rurales lo más común es que tengan sistemas de agua por gravedad, aprovechando el agua de manantiales y en las ciudades se suelen utilizar pozos mecánicos y hacen sistemas de bombeo. (Organización Mundial de la Salud, 2009)

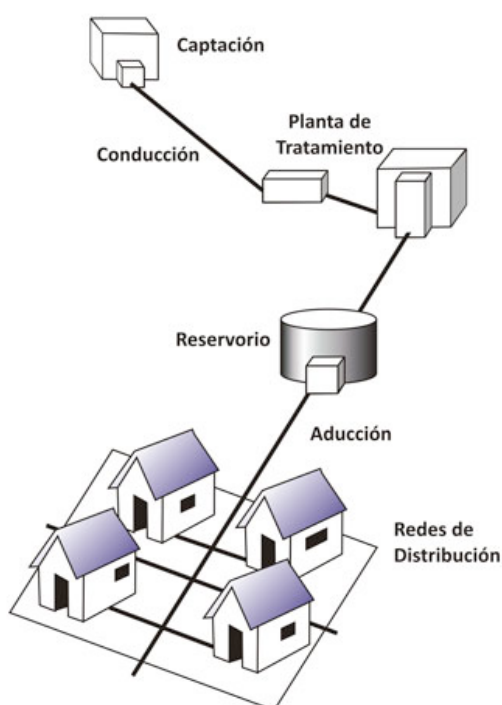
Ilustración 39: Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad



Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009.

a. **Sistema de abastecimiento por gravedad.** Generalmente son sistemas donde la calidad del agua es muy buena, debido a que es obtenida de fuentes altas, donde la contaminación no es muy grande y son afloramientos de agua del manto freático, en algunos casos hay método de desinfección y en otros casos no, ira en función de la población, este Sistema opera por gravedad con un mantenimiento bastante simple y mínimo. Este Sistema presenta muchas ventajas respecto a otros, ya que como se mencionó anteriormente tienen bajo costo de mantenimiento y operación, no requiere mano de obra especializada para su mantenimiento y por la ubicación de las fuentes generalmente la contaminación es nula. (Organización Mundial de la Salud, 2009)

Ilustración 40: Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

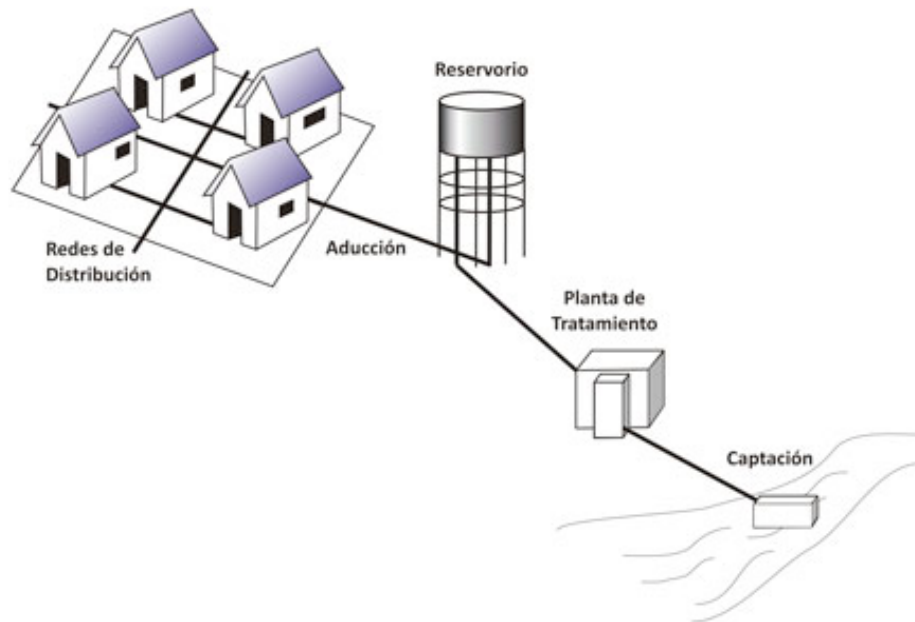


Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009.

b. **Abastecimiento de agua por bombeo.** Estos sistemas por bombeo generalmente abastecen de agua de muy buena calidad, generalmente no necesita tratamiento previo para su consumo, pero por la ubicación de la Fuente, al ubicarse abajo del nivel de altitud de la población beneficiada es necesario que su distribución sea por bombeo. Este método no es exclusivamente para pozos, si no también podrían ser fuentes superficiales que se encuentran nivel abajo de la comunidad beneficiada. En algunos casos, dependiendo de la ubicación se puede tener la ventaja de la desinfección poco exigente, pero al tener que ser por bombeo requiere mano de obra especializada o capacitada

técnicamente para las operaciones de mantenimiento, la inversión en infraestructura es elevada y por consecuencia los cobros por el servicio son más altos. (Organización Mundial de la Salud, 2009)

Ilustración 41: Sistema de distribución de agua por bombeo



Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009.

3. Tipos de conducción. Es un tramo de tubería el cual transporta agua desde una zona de captación hasta una planta potabilizadora, o bien sea hasta algún sistema de distribución de agua potable, una línea de conducción por lo general siguen una trayectoria en función de la topografía del terreno y es elaborada de tal manera que puede revisarse fácilmente ante cualquier mantenimiento preventivo ya sea por falla, esta puede diseñarse en función de las presiones que se tendrán; puede ser por gravedad o por bombeo (Comisión Nacional de Agua, 1997).

a. Líneas de conducción por gravedad. Este sistema de conducción es utilizado cuando el método de abastecimiento es por un lago o embalse en un punto más elevado respecto a la población que será beneficiada, de tal manera que la presión en la tubería pueda mantenerse adecuada, este método se utiliza cuando puede proteger contra roturas accidentales (Comision Nacional de Agua, 1997).

b. Líneas de conducción por bombeo. Generalmente solo es utilizado cuando la topografía del terreno no permite un sistema de suministro por gravedad, se recurre a un sistema de línea de conducción por bombeo que puede hacerse en dos variantes. La primera es la utilización de bombas conduciendo agua, y al mismo tiempo se hace un pequeño embalse para que el exceso de agua pueda almacenarse, tomando en cuenta los momentos de más consumo del día, así se garantiza que siempre habrá recurso y en los momentos de mayor demanda aún se tengan los recursos y así el bombeo pueda ser constante, esto permite mayor economía, una cierta cantidad de agua en reserva y adicionalmente esta reserva de agua puede servir en momentos de escasez o utilizada en momentos de incendio u otro siniestro que pudiera presentarse (Comision Nacional de Agua, 1997).

En un segundo caso puede hacerse una línea de conducción sin almacenamiento de agua, la cual no es recomendable, que al variar el bombeo durante el día pueden ocurrir fracturas en la tubería, ocasionando que se pueda interrumpir el suministro por la necesidad de reparaciones innecesarias, incrementando costos (Comision Nacional de Agua, 1997).

4. Tipos de tubería para conducción. Los tipos de tuberías más utilizadas para los sistemas de conducción de agua potable son: acero, hierro Galvanizado, Hierro Fundido, Tuberías de Asbesto-Cemento, PVC, Polietileno de alta densidad y cobre (UDLP, 2005).

Para la selección del material de que se hará la línea de conducción hay que tomar en cuenta muchos factores; como lo son: la ubicación del terreno, la ubicación de la fuente de agua, la presión que se tendrá en la tubería, el presupuesto para la obra, el diámetro de la tubería, la calidad del agua y el tipo de suelo (UDLP, 2005).

Ilustración42: Tubería de conducción de acero



Fuente: HUACHATECH, 2016.

a. **Tubería de acero.** Esta tubería se fabrica en diámetros comerciales que van desde 4" hasta 24", variando de cada 2" y de 30" hasta 72", variando cada 6", la vida útil de este tipo de tubería es muy larga y su mantenimiento es muy sencillo, es muy utilizada actualmente cuando hay en el sistema de distribución se manejan presiones muy elevadas, este material debe estar siempre a la intemperie y no debe enterrarse, ya que podría causar corrosión (UDLP, 2005).

b. **Tubería de hierro galvanizado.** Esta tubería es en principio hierro fundido, con el agregado que está recubierta con zinc, y así evitar la corrosión, fabricada en diámetros de 2 ½", 3" 3 ½", 4", 5", 6", 8", 10" (UDLP, 2005).

F. Energía

Se entiende por energía a la capacidad que tiene un cuerpo para producir un trabajo. Teniendo dos características destacables: la capacidad de convertibilidad y la dificultad de almacenamiento. Como principio se tiene que la energía se conserva por lo que lleva a su siguiente definición "La energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma de una a otra de sus manifestaciones" (De Lucas, 1999)

1. **Transformación del recurso hídrico.** En este caso al tratarse del recurso hídrico, la transformación se realiza mediante la utilización de hidroeléctricas. La potencia hidroeléctrica es obtenida mediante la energía del agua al caer desde una altura superior, al cuarto de máquinas en donde se encuentra la turbina. Para la transformación del recurso hídrico se utiliza la energía potencial del agua la cual está dada por su diferencia de altura del agua entre dos puntos y la energía cinética del agua la cual está dada en función de la masa y velocidad. La disponibilidad del agua es fundamental para la generación por lo que se deben realizar infraestructuras para coleccionar el agua y tener almacenada cierta cantidad permitiendo que se tenga una producción continua y eficiente. Como sitios ideales son aquellos lugares que presentan grandes sistemas de lagos naturales, ríos con caudales considerables y con caídas de gran envergadura. Para la generación existen diversos factores los cuales influyen como la intensidad de las lluvias, tiempo de distribución, la topografía del terreno, entre otras.

El ciclo hidrológico influye en la transformación del recurso hídrico. Esto sucede debido a que la energía solar permite que los grandes campos de agua se evaporen y por enfriamiento generando nubes, y finalmente exista una precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo. Si bien toda la precipitación no es totalmente aprovechable debido a que la mayoría de la precipitación regresa a la atmósfera por evaporación desde el suelo, la superficie del agua y las plantas, o bien se infiltra en el suelo. El excedente de la precipitación que escurre en los cauces es la aprovechable para almacenamiento y posteriormente la generación de energía eléctrica.

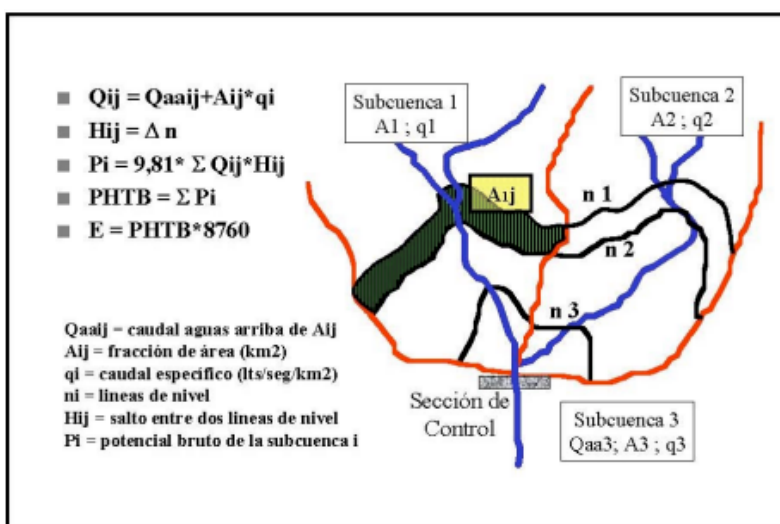
2. Potencia de la cuenca. En muchos de los casos las diferentes cuencas no cuentan con registros de datos de aforos. Cuando la información de los caudales es parcial, se cuenta por lo general con registros de lluvias. La correlación que se tiene de las cuencas aforadas y las que no presentan registro, cuando presentan características similares, permiten utilizar los registros de las precipitaciones junto con mediciones de campo limitadas se puede extrapolar posibles comportamientos de los caudales de las cuencas sin registro, a partir de las informaciones de las cuencas aforadas. El caudal específico de la cuenca (litros/seg/km^2) medido en los puntos específicos es el que permite extrapolar datos de cuencas aforadas a cuenca sin registros (Muguerza, 2005).

a. Potencial hidroeléctrico teórico bruto (P.H.T.B). Se define según Daniel Muguerza “Como la potencia total que es entregada por el caudal de agua al escurrir por un cauce central, desde una cota superior y admitiendo que no hay pérdida de ninguna naturaleza”. Representa un potencial teóricamente disponible, pero no es alcanzable debido a las diferentes pérdidas y los factores geológicas, económicas, ecológicas, etc.

Debido a que la magnitud del P.H.T.B. de la subcuenca depende de los desniveles naturales y de los caudales que circulan en el tramo analizado, en el cálculo del caudal interviene los aportes de las cuencas, las escorrentías específicas y los desniveles.

La potencia continúa desarrollada en una cuenca aguas arriba de una dada sección de control, se obtiene por el resultado de integrar los productos de caudal y desnivel que aportan las subáreas en que este dividida la subcuenca y posteriormente se suman las subcuencas superiores para obtener el potencial en dicho punto de control (Muguerza, 2005).

Ilustración43 Proceso de integración de la potencia hidráulica bruta



Fuente: Daniel Muguerza, s.f.

Para obtener el valor "Qij" se obtiene como producto del caudal específico que previamente calculado, multiplicado por una fracción de área de la cuenca hasta el punto de control del tramo analizado.

Para seguir una secuencia del cálculo del P.H.T.B. de una cuenca se puede establecer por medio de los siguientes pasos, según Muguerza:

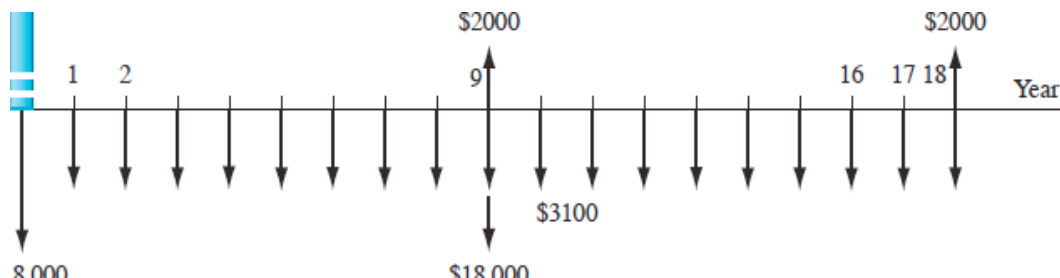
- Fraccionar la cuenca en subcuencas, de acuerdo a los cursos tributarios, secundarios o puntos donde se considere que pasa un gran caudal.
- Calcular las áreas de las subcuencas determinadas.
- Adoptar el caudal específico para cada subcuenca, por medio de los cálculos o estimaciones
- Sumar todos los caudales que pasa por el punto de control.
- Calcular la diferencia entre la parte más alta y más baja del tramo del curso principal de cada subcuenca en estudio.
- Calcular la potencia continua para cada tramo o subcuenca.
- Proceder al cálculo del potencial acumulativo de cada parte de la subcuenca avanzando desde nacientes hasta el final de la misma, para determinar el P.H.T.B. del total de la cuenca.
- Calcular por último la energía teórica anual a potencia continua para cada tramo y la acumulación total de la cuenca. Por medio de $E = PB * 8760$.

G. Evaluación financiera para el análisis de inversión

Una inversión se caracteriza por el uso de dinero o destino de recursos a cierta actividad, con tal de obtener un retorno económico a cambio de ello (Benedicto, s.f.). Lo que se busca es la factibilidad de la inversión, entendiéndose buscar el éxito del proyecto, con tal de tener una retribución. Dentro de los métodos de análisis de inversión destaca el de valor presente neto, costo anual uniforme equivalente y costo de oportunidad. El propósito de aplicar estos métodos es analizar la factibilidad económica de los proyectos y respaldar la toma de decisiones.

1. Flujo de caja. Para la aplicación de las siguientes metodologías de análisis de inversión es indispensable saber que es un flujo de caja. Un flujo de caja es una representación de las entradas y salidas de dinero que hace una empresa en cierto período de tiempo. Las entradas de dinero se conocen como ingresos. Las salidas de dinero son costos y pueden ser tanto fijos como variables. Idealmente un flujo de caja tiene que estar ordenado cronológicamente y es común que el período de tiempo estudiado sea de un año. La Ilustración 8 muestra como es un flujo de caja.

Ilustración 44: Representación de flujo de caja



Fuente: Clank, Tarquin, 2012.

2. Valor presente neto. La metodología financiera de valor presente neto (conocida también como valor actual o valor presente) se fundamenta en traer los valores futuros manifestados en un flujo de caja al tiempo actual. Al traer estos valores futuros al presente siempre se obtendrá un valor más pequeño que el valor futuro por la razón que un factor presente dado futuro da como resultado un valor inferior a 1 (Tarquin, 2012). El factor es el siguiente: *Presente dado futuro* (P/F) = $\frac{1}{(1+i)^n}$, donde i representa la tasa de interés y n el período con el que se va trabajar. Por ejemplo, con una tasa de interés del 10% y un período de un año, el factor resulta 0.909. Para toda tasa mayor a cero con un período de tiempo estipulado igual o mayor a uno, los resultados de los factores son inferiores a 1. En la Ilustración 9 se aprecia la obtención del valor presente con una hoja de cálculo como Excel.

Debido a esto es que al análisis del valor presente se le conoce como flujo de caja descontado, donde la tasa de interés es la razón a la cual se descuenta del valor futuro (Tarquin, 2012). Al traer todas las transacciones registradas en el flujo de caja al punto de origen se cuenta con un solo valor que puede ser positivo o negativo. Que sea positivo o negativo el valor presente neto difiere en su significado dependiendo de la inversión a realizar. Al considerarse un proyecto de inversión, el máximo valor presente de una alternativa es el que tiene que seleccionarse mientras que, si la inversión se relaciona a un proyecto de costos, el camino a seguir es el que brinde el valor presente más bajo (Tarquin, 2012).

Un valor presente positivo para un proyecto de inversión representa que la inversión se justifica. La forma en que se justifica es por medio de alcanzar la tasa mínima atractiva de retorno, que no es nada más que la tasa de interés utilizada (Tarquin, 2012). Al presentarse alternativas independientes de inversión como abastecerse de agua subterránea o el reuso de agua domiciliar, se puede tomar la decisión de invertir una de ellas o simplemente está la opción de no hacer nada. La opción de no hacer nada para el caso planteado es seguir trayendo agua de las subcuenca Xayá-Pixcayá y no invertir en nada. Para una alternativa de inversión que representa un proyecto de costos, la inversión que se justifica es la que tiene el valor presente neto más bajo.

Por último, es de suma importancia considerar que el factor tiene el período (n) como parte de su operación y en efecto es indispensable para poder traer valores futuros al presente. El tiempo o períodos entre alternativas de inversión tienen que ser el mismo. No es posible analizar una alternativa de inversión para vidas desiguales, todo tiene que estar en la misma base. Por ejemplo, ambos deben de ser para vidas de un año, dos años y así sucesivamente, el problema está cuando se tiene un proyecto con una vida de un año por ejemplo y otro de tres años. La forma de proceder cuando se da este caso es traer los proyectos al mínimo común múltiplo de años (Tarquin, 2012). En el caso del proyecto con vida de un año y el otro de tres, el período de estudio serían tres años; de esta manera se cumple el mismo tiempo de servicio para ambas alternativas.

Ilustración 45: Ejemplo de obtención de valor presente

<i>Periodo (años)</i>	<i>Ingresos</i>	<i>Egresos</i>	<i>Flujo neto de caja</i>	<i>Valor Presente</i>
0	Q0.00	Q90,000.00	Q90,000.00	-Q90,000.00
1	Q120,000.00	Q65,000.00	Q55,000.00	Q50,000.00
2	Q95,000.00	Q70,000.00	Q25,000.00	Q20,661.16
3	Q110,000.00	Q30,000.00	Q80,000.00	Q60,105.18
4	Q80,000.00	Q30,000.00	Q50,000.00	Q34,150.67
5	Q60,000.00	Q10,000.00	Q50,000.00	Q31,046.07
6	Q35,000.00	Q15,000.00	Q20,000.00	Q11,289.48
			Valor presente neto=	Q117,252.56
tasa de interés=	0.10			

Fuente: Elaboración propia.

En este ejemplo lo que se hizo fue simplemente diagramar de una manera distinta el flujo de caja, donde por cada año se puso el total de ingresos y egresos. La suma de estos valores da el flujo neto de caja. El tercer paso es poner en la hoja de cálculo de Microsoft Excel el comando para valor presente que pide la tasa interés, el período y finalmente el valor futuro en cuestión. Una vez hecho esto es como se puede tener el valor presente, es decir, la representación monetaria en el año 0. Finalmente, cuando se suman todos los valores presentes se obtiene el valor presente neto. Para este ejemplo es positivo y si fuera un proyecto de inversión representa que la tasa mínima atractiva de retorno se cumple y la inversión se justifica.

3. Costo anual uniforme equivalente. La siguiente metodología de análisis de inversión es el costo anual uniforme equivalente o valor anual. Justo como su nombre lo indica, es una representación monetaria anual de una inversión, por eso mismo es que la gente se identifica fácilmente con este método de análisis. Sus factores expresados de forma matemática son: *Anualidad dada presente* $(A/P) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ y *Anualidad dada futuro* $(A/F) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$, donde i es la tasa de interés y n es el período en cuestión. Los factores no son complicados de operar, pero si son laboriosos, por eso mismo es mejor apoyarse de una herramienta de cálculo como lo es Microsoft Excel. En la Ilustración 46 se ve un ejemplo de obtención del CAUE a mano y en la Ilustración 47 se ve un ejemplo de obtención del CAUE con Excel.

Una anualidad es una serie uniforme de pagos que se repiten sucesivamente. Por ejemplo, si cada mes hay un egreso constante, este se convertiría para un período de un año en una anualidad. No necesariamente se necesita tener ingresos o egresos constantes para poder trabajar en anualidades, en este caso se requeriría que todos los ingresos y egresos del flujo de caja se uniformicen, de esa manera pudiendo contar con una anualidad definida. La forma de hacer esto sería por ejemplo trayendo valores futuros a presente y una vez todos estén en presente se aplica el factor anualidad dado presente, así resultando con una anualidad.

Al tener una anualidad para todos los ingresos y una anualidad para todos los egresos, es posible hacer la suma respectiva de ellas. La suma será positiva cuando los ingresos superen a los egresos o será negativa cuando los egresos en el flujo de caja sean mayores que los ingresos. Bajo el mismo criterio empleado en la metodología de valor presente, se debe de inclinar por la anualidad más alta y que sea positiva cuando se analiza un proyecto de inversión y la anualidad más baja, al estar analizando un proyecto de costos (Tarquin, 2012).

La gran ventaja que tiene esta metodología de análisis a diferencia del valor presente neto es el período de estudio. Para un análisis de costo anual (conocido también como valor anual o costo anual uniforme equivalente) no se necesita que las alternativas de inversión tengan misma vida útil, la anualidad se calcula únicamente para la vida útil que se tiene estipulada y no se espera que cambie en el transcurso de los períodos (Tarquin, 2012). Esa es una gran ventaja por la razón que se excluye a mínimo común múltiplo entre vidas de proyectos. Para usar únicamente una anualidad sin importar la diferencia entre vidas en las alternativas se necesita cumplir lo siguiente: los servicios de ambas alternativas son necesarios para el mínimo común múltiplo de las alternativas en cuestión, la anualidad calculada para la alternativa elegida no tiene variación para otras vidas útiles y el tercer punto se liga al segundo, responde a la necesidad de tener flujos de caja homogenizados para las vidas útiles posteriores en la alternativa elegida, esto garantiza la misma anualidad (Tarquin, 2012).

Ilustración 46: Ejemplo de obtención de CAUE a mano

<i>Periodo (años)</i>	<i>Ingresos</i>	<i>Egresos</i>	<i>Flujo neto de caja</i>	<i>Valor Presente</i>
0	Q0.00	Q90,000.00	Q90,000.00	-Q90,000.00
1	Q120,000.00	Q65,000.00	Q55,000.00	Q50,000.00
2	Q95,000.00	Q70,000.00	Q25,000.00	Q20,661.16
3	Q110,000.00	Q30,000.00	Q80,000.00	Q60,105.18
4	Q80,000.00	Q30,000.00	Q50,000.00	Q34,150.67
5	Q60,000.00	Q10,000.00	Q50,000.00	Q31,046.07
6	Q35,000.00	Q15,000.00	Q20,000.00	Q11,289.48
			Valor presente neto=	Q117,252.56
tasa de interés=	0.10			
Anualidad dado presente=	0.22960738	factor		
CAUE=	Q26,922.05	=0.22960738*valor presente neto		

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 47: Ejemplo de obtención de CAUE con Excel

<i>Periodo (años)</i>	<i>Ingresos</i>	<i>Egresos</i>	<i>Flujo neto de caja</i>	<i>Valor Presente</i>
0	Q0.00	Q90,000.00	Q90,000.00	-Q90,000.00
1	Q120,000.00	Q65,000.00	Q55,000.00	Q50,000.00
2	Q95,000.00	Q70,000.00	Q25,000.00	Q20,661.16
3	Q110,000.00	Q30,000.00	Q80,000.00	Q60,105.18
4	Q80,000.00	Q30,000.00	Q50,000.00	Q34,150.67
5	Q60,000.00	Q10,000.00	Q50,000.00	Q31,046.07
6	Q35,000.00	Q15,000.00	Q20,000.00	Q11,289.48
			Valor presente neto=	Q117,252.56
tasa de interés=	0.10			
Anualidad dado presente=	0.22960738	factor		
CAUE=	Q26,922.05			
Directamente con Excel				
		=+PMT(C31,B28,-F29)		
CAUE=	Q26,922.05			

Fuente: Elaboración propia.

4. Costo de oportunidad. Como se ha visto, el análisis de valor presente neto y el costo anual uniforme equivalente son distintas metodologías de evaluación financiera para el análisis de inversión. Al final cada una expone un resultado que sirve de base en la toma de decisión sobre la factibilidad de invertir en un proyecto o no. La realidad es que, tanto en inversiones como en la cotidianidad de la vida, al tomar decisiones dejamos de hacer diversas actividades, acciones o cosas a raíz de la decisión. Por ejemplo, un estudiante que en su receso decidió comprar con su dinero disponible una gaseosa, dejó de comer por comprarse su bebida. Una persona que decidió irse por una ruta no congestionada pero más larga, perdió una ventana de tiempo al tomar esa decisión. Así se pueden enumerar todas las cosas que dejamos al tomar una decisión.

En el ámbito económico, la decisión de invertir en un proyecto y dejar de invertir en otro tiene un costo. Lo que se deja de percibir por decidir invertir en una opción es a lo que se le conoce como costo de oportunidad. Por lo tanto, se hace referencia a aquella rentabilidad que presenta la otra mejor opción de inversión que no se decidió tomar (Benedicto, s.f.). No es un costo concreto como se reconocen los costos fijos o costos variables, es eso que cuesta de cierta manera el tomar una decisión.

Una consideración es que no hay un procedimiento de cálculo establecido para el costo de oportunidad porque simplemente es un concepto que viene a relucir tras la realización de otras evaluaciones financieras. Por ejemplo, si en el proyecto llevado a cabo se tiene una tasa interna de retorno del 12% pero tras analizar otra inversión similar que tiene una tasa interna de retorno del 20%, el costo de oportunidad es el 8% de rentabilidad que no se percibe. La unidad del costo de oportunidad va de la mano con el destino de la inversión no tomada y la que, si se realiza, no necesariamente tiene que ser una unidad monetaria.

En la metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua son dos escenarios los que se plantean, el primero es la recuperación de agua subterránea como opción para el abastecimiento de agua potable, contra seguir trayendo agua de la subcuenca Xayá-Pixcayá. El segundo escenario es el reuso del agua domiciliar como opción de obtención agua apta para manejo y consumo humano, contra a obtener agua de la subcuenca. La factibilidad en cada escenario es obtenida por medio del costo de oportunidad. El valor presente neto en conjunto con el costo anual uniforme equivalente, sirven como respaldo al análisis de costo de oportunidad.

Para obtener el costo de oportunidad se necesita determinar el costo de producción por metro cúbico de agua potable para cada opción. Esto se hace con base en el valor presente neto de cada opción, dividido la cantidad de agua utilizada en una vivienda veinte años (vida útil que fue determinada para la recuperación de agua subterránea y el reuso del agua domiciliar). En el caso del primero escenario, se procede a realizar la diferencia entre el costo de producción por metro cúbico de agua potable en la recuperación de agua subterránea menos el costo de producción por metro cúbico para la empresa municipal de agua. A esta diferencia es a lo que se conoce como costo de oportunidad

relacionado a la calidad del agua (ver ecuación 4). Para el segundo escenario se procede la misma forma. Se realiza la diferencia entre costo de producción por metro cúbico de agua potable en la opción del reuso del agua domiciliar, menos el costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa municipal de agua. Una vez más, a esta diferencia es lo que se conoce como costo de oportunidad.

Ecuación 4: Costo de oportunidad relacionado a la calidad del agua

Costo de oportunidad=	Costo de producción por metro cúbico de agua potable de la opción planteada - costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa municipal de agua
-----------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

El costo de oportunidad puede resultar positivo o negativo. Si es positivo, significa que el costo de producción por metro cúbico de agua potable de la opción que está siendo analizada, es mayor que el costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa municipal de agua. El criterio de decisión en este caso correspondería a seguir trayendo agua de la subcuenca Xayá-Pixcayá, ya que es más barato. En otras palabras, el costo de oportunidad positivo indica que no se está dejando de percibir nada por no invertir en la opción. Por otro lado, si el costo de oportunidad resulta siendo un valor negativo, quiere decir que conviene invertir en la fuente de abastecimiento alterna que fue propuesta y está siendo analizada. Esto se debe a que se estaría dejando de percibir dinero, ya que sería más barata la producción por metro cúbico de agua apta para consumo humano esa opción, comparado al costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa municipal de agua. En otras palabras, el costo de oportunidad negativo presenta un ahorro que se deja de obtener.

H. Objetivos de desarrollo sostenible

Una nueva agenda de desarrollo sostenible. Esta agenda, que se presentó en la Cumbre sobre el Desarrollo Sostenible en septiembre de 2015, se debatió en la Asamblea General de las Naciones Unidas, con contribuciones de los Estados Miembros y la sociedad civil. El proceso para llegar a un acuerdo sobre la agenda para el desarrollo después de 2015 está dirigido por los Estados Miembros, con una amplia participación de los Grupos Principales y otras partes interesadas de la sociedad civil. La agenda ha recibido numerosas aportaciones, en particular una serie de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por un grupo de trabajo abierto de la Asamblea General, el informe de un comité intergubernamental de expertos en financiación del desarrollo sostenible, diálogos de la Asamblea General sobre la facilitación de la tecnología y muchas otras.

Los diez y siete objetivos de desarrollo sostenible:

- Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible.
- Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos para todas las edades.
- Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
- Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
- Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.
- Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.
- Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos adoptados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
- Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible.
- Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica.
- Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

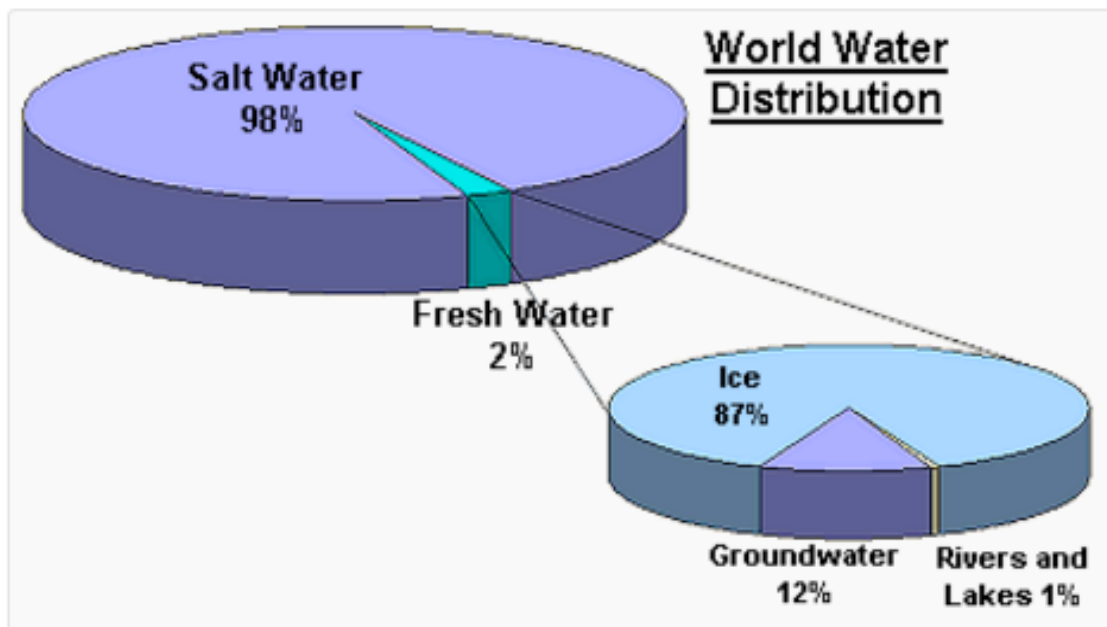
Los ODS fueron establecidos en el año 2015 y su vigencia se extiende hasta el año 2030. Entre los Objetivos del Milenio y los Objetivos de Desarrollo Sostenible hay diferencias significativas. Dentro de muchas, una que resalta es la atención especial al agua; ya que incluso hay un objetivo que se enfoca en esta problemática (el número 6). Dice: garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Los Objetivos del Milenio obviaban la problemática del agua, ahora ya se tiene un interés global para combatir y erradicar los problemas relacionadas a ella. Que esté dentro de los

ODS es algo bueno, sin embargo, su presencia indica que ya es un tema de carácter global que necesita ser atendido.

Las razones por que se creó el objetivo 6 son(Naciones Unidas, s.f.) : 663 millones de personas no cuentan con acceso a agua potable, 1,800 millones de personas usan agua potable con desechos orgánicos, 80% de las aguas servidas no son tratadas y se vierten así al río u océano, diariamente fallecen 1,000 niños por diarrea, que pudiera ser detenido por el manejo del agua, 70 % del agua obtenida de ríos, lagos o reservas de agua se destinan a riego y finalmente un 70% de las muertes asociadas a un desastre natural se relaciona con agua.

Alrededor del 70.8% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua y fuera genial que toda fuera apta para el consumo humano, pero no es así, el humano solo dispone del agua dulce en el mundo. El agua dulce en el mundo es apenas el 2.5% de ese 70.8% de agua, el resto es agua salada (El Portal Profesional del Medio Ambiente, s.f.). El 87% de este 2.5 % de agua total corresponde a glaciales, el 12% del agua corresponde al agua subterránea y superficial, finalmente el 1% del agua dulce disponible es aquella que se recupera de ríos y lagos (University of Nebraska-Lincoln, s.f.). En la Ilustración 48 se ve la distribución de manera gráfica.

Ilustración 48: Distribución de agua a nivel mundial



Fuente: (University of Nebraska-Lincoln, s.f.)



Producción en colaboración con TROLLBACK COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1 212 528 1010
Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dipcampa@un.org

Fuente: (ONU, 2015)

I. Instrumentos de planificación territorial

La planificación territorial constituye un eje fundamental en el que hacer institucional de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. El objetivo es apoyar a fortalecer el Sistema Nacional de Planificación, para coadyuvar al desarrollo ordenado e integral en los niveles municipal y departamental. Todas las coordinaciones interinstitucionales se realizan dentro del Sistema de Consejos de Desarrollo, en los niveles municipal y departamental (Consejo Municipal de Desarrollo, COMUDE y Consejo Departamental de Desarrollo –CODEDE). Las acciones van encaminadas a brindar las orientaciones sobre la elaboración y seguimiento del proceso de planificación estratégica y operativa que responde a las prioridades nacionales Planes de Desarrollo.

1. Plan de desarrollo municipal. Instrumentos que orientan la gestión del municipio elaborados por las municipalidades por medio de la Dirección Municipal de Planificación, DMP, con acompañamiento, asesoría y asistencia técnica de la SEGEPLAN; en procesos participativos, en los que se involucran actores claves del territorio. A la fecha se tiene a disposición trescientos veintiocho Planes de Desarrollo Municipal (328 PDM). Es importante mencionar que se asumen todos aquellos antecedentes de planificación local o sectorial realizados en el municipio tanto por el gobierno local como por organizaciones sociales, instituciones académicas y agencias de cooperación.

El proceso participativo tiene una duración de 15 meses en los que paso a paso se realizan diversas actividades de: diagnóstico, problematización e identificación de potencialidades y de visualización en el futuro del tipo de desarrollo deseado para el municipio. Un resultado importante son

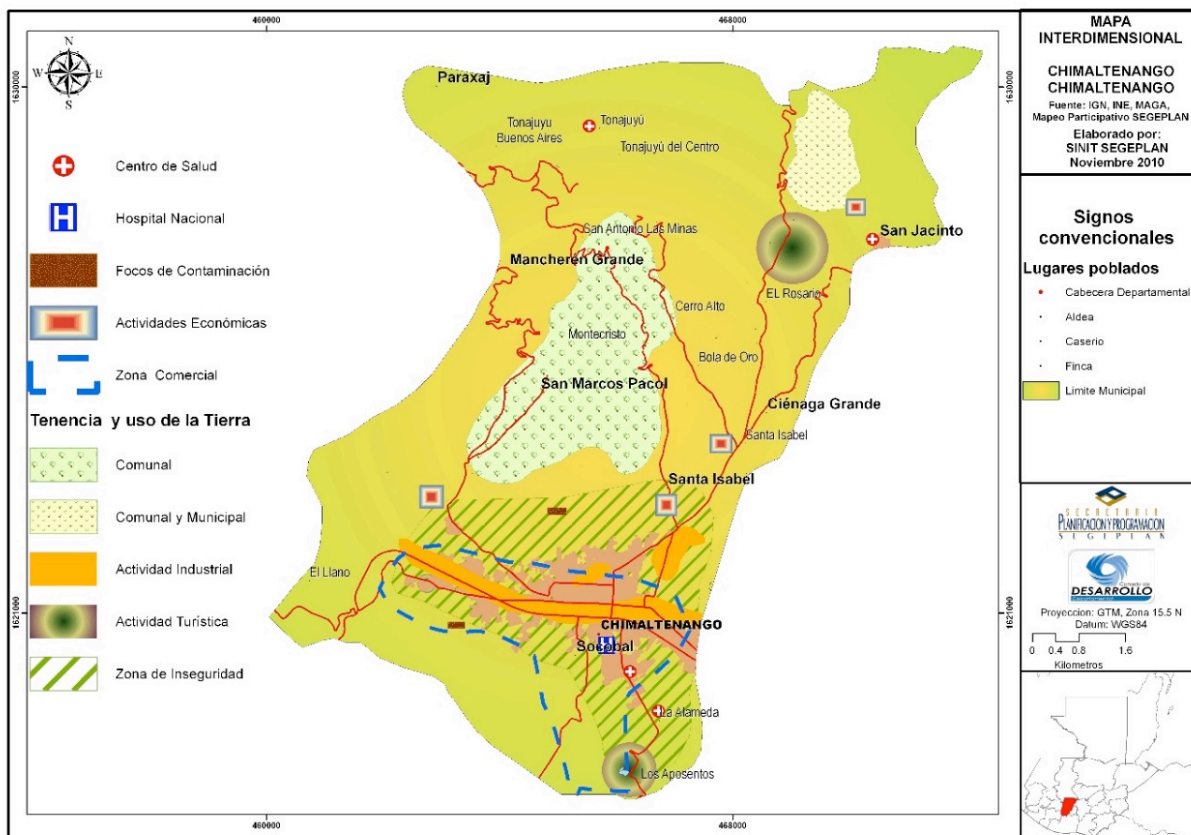
los ejes de desarrollo que constituyen las estrategias generales del plan. Estos múltiples pasos del esfuerzo colectivo de planificación, se compilan en el documento en dos partes constitutivas: el diagnóstico y el plan. En estas actividades, se toma en cuenta el diálogo franco y abierto entre los participantes sobre las características locales, sus problemas y las soluciones a los mismos, son maneras de alcanzar los acuerdos necesarios.

El PDM entonces, es un esfuerzo inicial y consensuado entre actores locales que cumplirá con varias finalidades para todos sus habitantes y deberá constituirse en:

- Un documento que recoja el conocimiento de los participantes y actores locales sobre la situación actual del municipio combinado con los aportes de conocimiento técnico proveniente de fuentes bibliográficas e institucionales, conocimiento que deberá año con año enriquecerse a través de ejercicios de diálogo permanente en el COMUDE, y en los diversos espacios de organización privada, social y comunal.
- Un instrumento formador de ciudadanía en tanto conocimiento social y técnico del espacio inmediato en donde se vive y se reproduce el individuo, la familia y la comunidad.
- Un instrumento ordenado y priorizado de la problemática del municipio, que asiente la referencia básica medible de la situación actual del municipio para que año con año pueda servir como punto de comparación del avance en el cumplimiento de las metas propias del desarrollo proyectado y deseado.
- Una guía ordenada y priorizada para la toma de decisiones sobre la inversión en el municipio, que tiene incorporada la demanda planteada desde la diversidad de las comunidades rurales y de sus espacios urbanos.
- Constituirse en un instrumento de política pública municipal, que sirva a las diferentes expresiones políticas como base de sus planes de gobierno municipal, en donde se recrean las estrategias de desarrollo sobre una línea de base que conoce toda la ciudadanía local (y nacional) garantizado así, la democracia y la contribución de cada ejercicio de gobierno, al desarrollo.

2. Modelo de desarrollo territorial actual. Mapeo de las localizaciones, ubicaciones y distribuciones de la actual ocupación territorial en el municipio. Este instrumento se encuentra contenido dentro de los Planes de Desarrollo Departamentales o Municipales, los cuales también ofrecen una descripción y justificación del porqué del planteamiento de esta planificación.

Ilustración 49: Modelo de desarrollo territorial actual de Chimaltenango



Fuente: SEGEPLAN, 2011

3. Plan de ordenamiento territorial -POT. La SEGEPLAN, como entidad rectora del Sistema Nacional de Planificación, brinda asistencia técnica y herramientas para que cada municipio cuente con su plan de ordenamiento territorial o POT.

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) está compuesto por un conjunto de objetivos, acuerdos, directrices, metas, programas, acciones y normas adoptadas colectivamente para administrar y orientar estrategias que determinan las potencialidades de un territorio y la localización de la población, la vivienda, las actividades socioeconómicas, las vías, los servicios, las áreas protegidas y de amenazas naturales, a corto, mediano y largo plazo. Estas acciones deben articularse con las programadas en los planes de desarrollo municipales.

Un POT debe contemplar un carácter normativo y por lo tanto debe ser obligatorio que sea aprobado como reglamento de aplicación por la Corporación Municipal.

Incluso un documento que tenga los elementos necesarios para ser un POT, en la medida que no sea aprobado por la autoridad competente, en éste caso, el concejo municipal y el alcalde, posiblemente no sea más que una propuesta o un proyecto de POT.

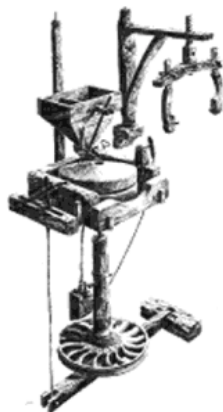
Un Plan de Ordenamiento Territorial o POT puede definirse como el instrumento técnico, normativo y de gestión por medio del cual se enuncian, desarrollan y aplican los acuerdos de uso del territorio. Es un instrumento de gobernabilidad, es decir un “pacto social territorial” entre los actores que componen el municipio: población, instituciones y territorio. Además, debería de ser capaz de reorientar procesos de transformación del territorio hacia los objetivos planteados en consenso con la población, constituyéndose en un plan de convivencia que provee a sus habitantes salud, bienestar, seguridad y oportunidades, permitiéndoles desarrollarse plenamente como ciudadanos en un entorno de sostenibilidad ambiental.

J. Generación de energía utilizando una rueda hidráulica

Las ruedas hidráulicas son máquinas utilizadas para captar la energía que posee una corriente de agua y transformarla en energía mecánica rotacional. Esta energía se extrae del eje de la rueda, el cual suele conectarse a multiplicadores con el objeto de aumentar la velocidad rotacional y así ser capaz de impulsar distintas máquinas o sistemas. Esta máquina también puede ser considerada para generar energía eléctrica sin embargo dado las bajas velocidades de rotación que se obtienen en eje, la transformación de energía mecánica a eléctrica se torna difícil y costosa. Las principales ventajas de la rueda hidráulica son su resistencia, limpieza y posibilidad de operar con grandes fluctuaciones de la corriente de agua.

1. Historia y evolución. Hasta el día de hoy se desconoce con exactitud desde cuando el ser humano ha aprovechado la energía que posee una corriente de agua; sin embargo, se cree que fue en el siglo primero A.C. en Grecia utilizando un molino de agua para moler cereales, el cual para ese entonces consistía de una rueda hidráulica horizontal compuesta por cucharones montados en un eje vertical. (Pérez Franco, 2004)

Ilustración 50: Rueda hidráulica horizontal

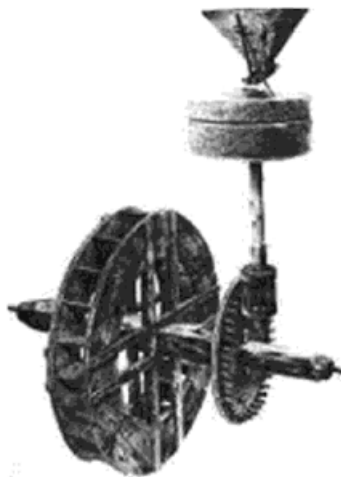


Fuente: (Pérez Franco, 2004)

La aparición e implementación de esta rueda hidráulica en esos tiempos tuvo un gran impacto ya que con el aprovechamiento de la energía del agua se podía producir aproximadamente 0.3kW, lo equivalente al mismo orden de magnitud que los molinos movidos por dos esclavos o un burro; por lo estos podían utilizarse para desempeñar otras tareas. (Pérez Franco, 2004)

En el primer siglo D.C. el ingeniero romano Vitrubio modifico el diseño del molino creado por los griegos transformándolo en un molino capaz de desarrollar potencias mucho más altas. El diseño planteado por Vitrubio consistía colocar la rueda hidráulica en posición vertical, con el eje horizontal y haciendo uso del conocimiento de engranajes acoplar un eje vertical para obtener el mismo movimiento que el planteado por los griegos. Este molino fue llamado molino Vitrubio en honor a su creador, fue el más común por muchos siglos, no solo en Europa sino también en América, principalmente en el norte del nuevo continente. (Pérez Franco, 2004)

Ilustración 51: Rueda hidráulica vertical



Fuente: (Pérez Franco, 2004)

Los progresos introducidos durante la edad media en la construcción de las ruedas hidráulicas fueron escasos, esporádicos y tardaban en difundirse. Sin embargo, la rueda hidráulica era la gran máquina de la edad media, utilizándose en molinos harineros, fabricación de herramientas, textiles, extracción de minerales, sistemas de riego, bombeo e incluso generación de electricidad (Schobert, 2002).

Eventualmente la rueda hidráulica fue evolucionando a tal grado que existían varios tipos y diseños de las mismas; Por lo mismo esta máquina se utilizó durante mucho tiempo incluso después del descubrimiento de la máquina de vapor, ya que para esas épocas los distintos tipos de rueda hidráulica presentaban un buen porcentaje de eficiencia y eran considerablemente más económicas que las máquinas de vapor (Pérez Franco, 2004).

En general la rueda hidráulica tuvo un gran aporte a la vida cotidiana del ser humano antes y después de la edad media, ya que, gracias a los estudios realizados sobre el funcionamiento de las mismas, paulatinamente se fue produciendo la transición de la rueda hidráulica a lo que hoy se conoce como turbina hidráulica. Sin embargo, aunque en la actualidad las ruedas hidráulicas no son muy comunes, actualmente se siguen fabricando para desempeñar pequeñas labores, decoración, entre otros (Sánchez Domínguez, 2012).

2. Funcionamiento general de la rueda hidráulica. El agua se precipita, animada de cierta velocidad contra las paletas o llena los álabes de la rueda y origina así la rotación de la rueda alrededor de su eje horizontal. Transformando así la mayor parte de energía potencial y cinética del agua en energía mecánica rotacional (Alvarez Cardona, 1985).

Ecuación 5: Fórmula general e ideal de una rueda hidráulica

$$E = \frac{1}{2} MV^2 + Mgh$$

Donde:

$$E = \text{Energía generada}$$

$$M = \text{masa de agua}$$

$$V = \text{Velocidad del agua}$$

$$g = \text{Gravedad}$$

$$h = \text{Altura}$$

Sin embargo, debido a que álabes de la rueda tienen una velocidad menor a la del flujo de agua se produce un choque y por consiguiente se produce una pérdida de energía. Además, al salir el agua del alabe esta tendrá cierta energía cinética lo cual representara una energía perdida o no aprovechada. (Alvarez Cardona, 1985)

Ecuación 6: Formula real de una rueda hidráulica

$$E = \frac{1}{2} MV^2 + Mgh - \frac{1}{2} MU^2 - \frac{1}{2} MW^2$$

Donde:

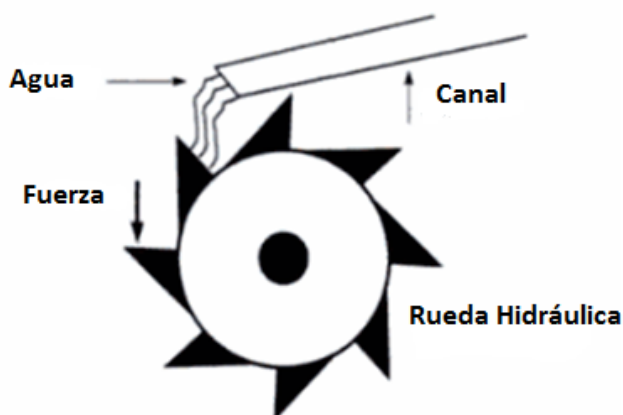
U

$W = \text{Velocidad a la salida de la maquina o receptor}$

3. Clasificación de las ruedas hidráulicas según su tipo de admisión de agua

a. **Rueda de admisión superior (Overshot).** Esta rueda es alimentada en la parte superior de la misma con ayuda de un canal. Esta se suele utilizar en lugares con saltos de agua grandes entre **3 – 10m** y caudales pequeños comprendidos entre **0.05 – 1 m³/s**. Además, es considerada el tipo de rueda más eficiente ya que en un buen diseño se puede obtener entre 60-90% de eficiencia.

Ilustración 52: Rueda de admisión superior



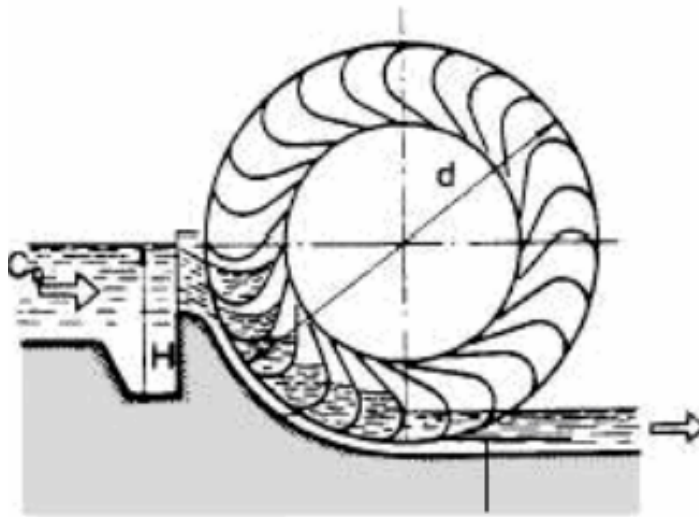
Fuente: Elaboración propia

Este tipo de rueda es accionada mayormente por el peso del agua que se deposita en los cajones y no por la velocidad con la que ésta los impacta. Esto debido a que se aprovecha la fuerza de gravedad que actúa verticalmente sobre el agua mientras ésta viaja desde la parte superior hasta la parte inferior de la rueda. Una vez alcanzado este punto los cajones se vacían en un área específica de descarga para que el agua siga su curso.

Para alcanzar altas eficiencias se requiere de un buen diseño, por lo que se recomienda que los cajones tengan una forma que facilite el ingreso del agua a los mismos y que a la vez, sean capaces de retener la mayor cantidad de agua posible antes de llegar a la posición inferior de la rueda para aprovechar al máximo el peso del agua. Además, se recomienda controlar el flujo de agua en el canal superior con ayuda de una compuerta para que este sea constante en todo momento y por último se recomienda como mínimo dejar un pie de distancia entre el canal superior y la rueda. (Schobert, 2002)

b. **Rueda intermedia (Breastshot).** En estas ruedas el agua golpea las paletas a la altura del eje motor, y obra sobre ellas principalmente por peso, pero también por la fuerza obtenida de la velocidad del agua. Muchas veces, la admisión a la rueda es facilitada por conductos de guía, que mejoran el rendimiento. A fin de impedir la salida prematura del agua y aprovechar durante 90° su peso. Estas ruedas son aplicables para saltos de $1.5 - 4m$ y para caudales de $0.35 - 0.65 m^3/s$ por metro de ancho. El rango de eficiencia de esta rueda es de $50 - 70\%$ (Ayesha & Khan, 2012).

Ilustración 53: Rueda de admisión intermedia

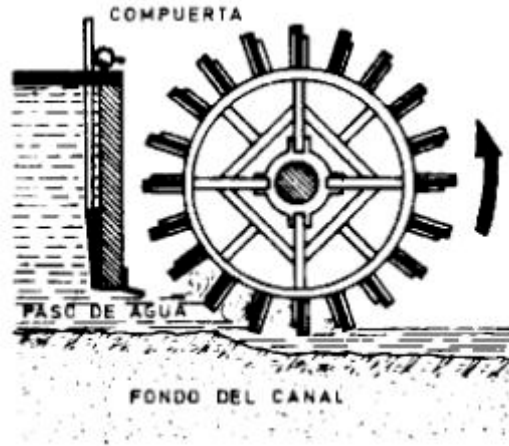


Fuente: (Schobert, 2002)

c. **Rueda de admisión inferior (Undershot).** Es el diseño más básico y de concepto más simple de una rueda hidráulica ya que funciona por acción directa del agua contra las paletas. Entre estos se produce un choque, en el cual el agua cede parte de su energía cinética a las paletas que se encuentran sumergidas total o parcialmente dentro del agua. Esta energía cedida es la que genera un impulso obligando a la rueda a girar (Schobert, 2002).

Existen dos diseños de rueda hidráulica de admisión inferior, el primer diseño es la rueda de paletas planas la cual tiene una eficiencia baja que oscila entre 20-25%. Esta es bastante baja ya que cuando el agua impacta con la paleta se produce un choque el cual genera remolinos; disminuyendo así de manera significativa la capacidad de aprovechar la energía cinética del agua. (Schobert, 2002)

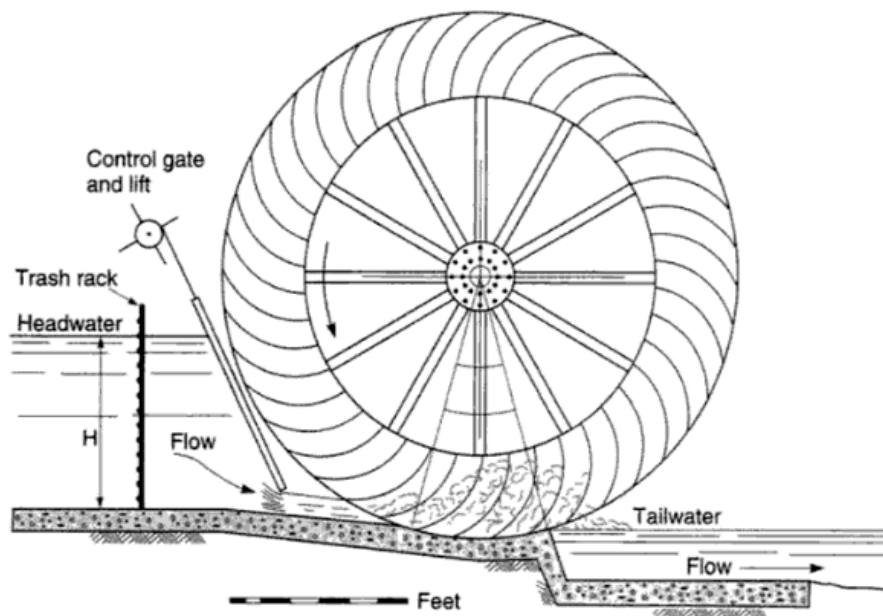
Ilustración 54: Rueda de admisión con diseño de paletas planas



Fuente:(Ayesha & Khan, 2012)

Sin embargo, no fue sino hasta los años 1800 a principios de la revolución industrial que Jean Victor Poncelet curvó las paletas de la rueda hidráulica para que el agua no chocara con la paleta, sino que se desplazara sobre ella y de esta manera evitar la turbulencia. Este diseño es conocido como rueda de poncelet y tiene una eficiencia entre 70-85%. (Schobert, 2002)

Ilustración 55: Rueda de admisión con diseño de poncelet



Fuente:(Schobert, 2002)

Este tipo de ruedas suelen ser recomendables para pequeños saltos de agua de 0.5-3m, caudales de $0.5-3 \text{ m}^3/\text{s}$ para obtener un buen rendimiento. Los diámetros de las mismas suelen oscilar entre 2 y 12 m. La rueda se sumerge en el agua entre 0.3-1 m y la longitud de las paletas suele ser de 0.3 a 0.5 veces el radio de la rueda (Behrens, 1992).

A pesar de que con la rueda de Poncelet se logra conseguir una alta eficiencia, la rueda de admisión inferior presenta el problema que depende mucho de la energía cinética que tenga el agua para generar trabajo. Por lo tanto, esta rueda se ve muy afectada en los cambios de estaciones a lo largo del año. En invierno puede llegar a producirse inundaciones las cuales sumerjan por completo a la rueda hidráulica evitando que esta genere trabajo y posiblemente dañar la estructura de la misma. En verano el nivel de agua puede llegar a bajar lo suficiente a tal grado que el agua no haga contacto con la rueda o que el agua no produzca el impulso suficiente para mover la rueda, evitando así generar trabajo mecánico. Sin embargo, a pesar de todas estas desventajas la rueda de admisión inferior fue utilizada en muchos lugares durante mucho tiempo debido a su simplicidad y costo relativamente bajo (Schobert, 2002).

4. Materiales utilizados para la construcción de ruedas hidráulicas. En un inicio todas las ruedas hidráulicas eran únicamente fabricadas con distintos tipos de madera, sin embargo, en 1850 todo cambio ya que se comenzaron a fabricar ruedas hidráulicas en metal. Esto tuvo un gran impacto en la industria y en la sociedad ya que estas ruedas presentaban una mayor eficiencia, una vida útil mucho más larga, menos gastos de mantenimiento e incluso mayor capacidad para trabajar a temperaturas más bajas sin deformarse.

5. Cálculo de diseño para una rueda de Poncelet

- Salto

Para determinar el salto que existe en una corriente de agua que a simple vista no cuenta con una catarata o cascada; primero se debe obtener la velocidad de la corriente y luego realizar un análisis de energía cinética y potencial. (Behrens, 1992)

$$\Delta E_c = \Delta E_p$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

Considerando que la masa de agua a estudiar es la misma, se despeja la ecuación para h por lo que la ecuación para determinar el salto está dada por:

Ecuación 7: Salto hidráulico

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

- Diámetro exterior de la rueda

El diámetro exterior óptimo a utilizar para la construcción de una rueda hidráulica depende del salto que se tenga, pero también depende mucho del espacio disponible en el lugar que se desea realizar la instalación de la rueda por lo que el rango para un diámetro óptimo esta entre:

Ecuación 8: Diámetro exterior de la rueda hidráulica de Poncelet

$$3h \leq d_{\text{exterior}} \leq 6h$$

De ser posible se recomienda no exceder el diámetro más grande de $6h$ ya que se puede poner en peligro el rendimiento de la rueda hidráulica. (Behrens, 1992)

- El diámetro interior de la rueda

Ecuación 9: Diámetro interior de la rueda hidráulica de Poncelet

$$d_{\text{interior}} = d_{\text{exterior}} - h$$

- El espacio recomendable a establecer entre cada una de las palas que componen a la rueda hidráulica oscila entre:

Ecuación 10: Espacio entre palas

$$0.95h \leq \text{Espacio}_{\text{palas}} \leq h$$

- Una vez determinado el espacio entre cada una de las paletas, el número de paletas que conformaran a la rueda hidráulica diseñada será de:

Ecuación 11: Número de palas

$$\text{Número de palas} = \frac{d_{\text{interior}}\pi}{\text{Espacio}_{\text{palas}}}$$

- Velocidad de giro de la rueda

Ecuación 12: Velocidad de giro de la rueda

$$\omega = \frac{60v}{d_2\pi}$$

En el caso de no contar con una compuerta que regule el flujo de agua que impulsa a la rueda hidráulica se aconseja tomar la velocidad del fluido más lenta encontrada en registros pasados para garantizar la generación de trabajo mecánico durante todo el año. (Behrens, 1992)

- Curvatura de paletas

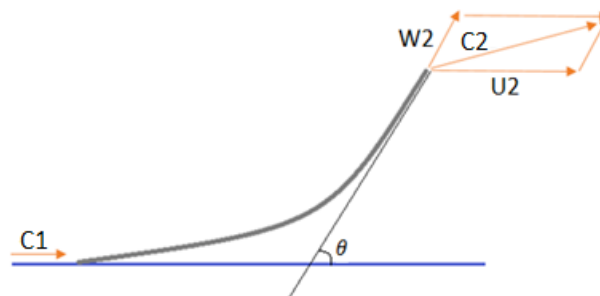
La curvatura de las paletas está dada por un arco de 60 grados que tiene un radio de igual magnitud a la que tiene el salto. Las paletas serán ubicadas a manera de que al momento de que el agua ingresa a la misma, lo haga de manera tangencial y no se produzca un choque. (Behrens, 1992)

6. Análisis del comportamiento de la rueda hidráulica de Poncelet

- Análisis del chorro de agua sobre la paleta

Para analizar el comportamiento que existe en un rotor de cualquier turbomaquina será necesario realizar un análisis vectorial de velocidades relativas.

Figura 1. Velocidades en las paletas



Fuente: Elaboración propia

Donde:

u = Velocidad absoluta de la paleta

c = Velocidad absoluta del fluido

w = Velocidad del fluido relativa a la paleta

$\theta = \text{Ángulo que forman las velocidades } w \text{ y } u$

1 = Entrada del fluido

2 = Salida del fluido

- Cambios de velocidad a lo largo de la paleta

Se asume que la fricción es despreciable por lo que la magnitud de w se mantiene constante y tangente a la paleta.

Velocidades en la entrada de la paleta:

$$c_{1x} = c_1 \quad c_{1y} = 0$$

$$u_{1x} = u \quad u_{1y} = 0$$

$$w_{1x} = c_1 - u \quad w_{1y} = 0$$

Velocidades a la salida de la paleta:

$$w_{2x} = w \cos \theta \quad w_{2y} = w \sin \theta$$

$$u_{2x} = u \quad u_{2y} = 0$$

$$c_{2x} = u + w \cos \theta \quad c_{2y} = w \sin \theta$$

Ecuación 13: Diferencial de velocidades en el eje X

$$\Delta c_x = c_{2x} - c_{1x} = u + w \cos \theta - c_1 \quad (\text{Ec.13})$$

$$\Delta c_x = u + w \cos \theta - (w + u)$$

$$\Delta c_x = w \cos \theta - w = w(\cos \theta - 1)$$

Ecuación 14: Diferencial de velocidades en el eje Y

$$\Delta c_y = c_{2y} - c_{1y} = w \sin \theta \quad (\text{Ec.14})$$

- Fuerza ejercida sobre la rueda hidráulica

Para calcular la fuerza que ejerce el fluido sobre la rueda será necesario hacer uso de la segunda ley de Newton, la cual nos dice que:

$$F = m\ddot{x} = m \frac{d\dot{x}}{dt}$$

Multiplicando los dos miembros de la ecuación anterior por dt e integrando \dot{x} tendrá:

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = \int_{v_1}^{v_2} m dv$$

Siendo m constante se obtiene el impulso sobre una partícula

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = m(v_2 - v_1)$$

El impulso aplicado durante un período de tiempo es equivalente a una fuerza por lo que

$$F = \frac{m(v_2 - v_1)}{t} = \dot{m}(v_2 - v_1)$$

Donde:

$F = \text{Fuerza}$

$\ddot{x} = \text{Aceleración}$

$m = \text{Masa}$

$v = \text{velocidad}$

$t = \text{Tiempo}$

$\dot{m} = \text{Flujo masico}$

$$Q = \text{Caudal}$$

$$\rho = \text{Densidad}$$

En este caso la fuerza ejercida por el fluido sobre la rueda es:

Ecuación 15: Fuerza ejercida por el fluido en el eje X

$$F_x = \dot{m}\Delta c_x = A c_{1x} \rho (c_{2x} - c_{1x})$$

$$F_x = \dot{m}w(1 - \cos \theta) = Q\rho w(1 - \cos \theta)$$

$$F_x = A c_1 \rho w(1 - \cos \theta)$$

$$F_x = A c_1 \rho (c_1 - u)(1 - \cos \theta)$$

Ecuación 16: Fuerza ejercida por el fluido en el eje Y

$$F_y = \dot{m}\Delta c_y = A c_{1y} \rho (c_{2y} - c_{1y})$$

$$F_y = \dot{m}w \sin \theta = Q\rho w \sin \theta$$

$$F_y = A c_1 \rho w \sin \theta = A c_1 \rho (c_1 - u) \sin \theta$$

El torque que el agua produce sobre la rueda hidráulica está dado por:

Ecuación 17: Torque

$$T = F_x \frac{d_{\text{interno}}}{2}$$

La potencia comunicada a la rueda hidráulica por el chorro es:

Ecuación 18: Potencia útil extraída por rueda hidráulica

$$P_{\text{útil}} = W_x = F_x u_{1x}$$

$$W_x = A c_1 \rho (c_1 - u)(1 - \cos \theta)u$$

Sin embargo, hay que mencionar que para obtener una potencia más realista se debe tomar en cuenta los distintos tipos de pérdidas que se presentaran.

Una vez determinada la ecuación para calcular la potencia útil que realiza la rueda hidráulica, se desarrolla la ecuación anterior para calcular la velocidad máxima que la paleta puede tener en la salida.

$$W_x = A c_1 \rho (c_1 - u)(1 - \cos \theta) u$$

$$W_x = A \rho (1 - \cos \theta) (c_1^2 - c_1 u) u$$

$$W_x = A \rho (1 - \cos \theta) (c_1^2 u - c_1 u^2)$$

$$\frac{dW_x}{du} = A \rho (1 - \cos \theta) (c_1^2 - 2c_1 u)$$

$$c_1^2 - 2c_1 u = 0$$

$$c_1 (c_1 - 2u) = 0$$

$$u_{2x} = \frac{c_1}{2}$$

En el eje Y no se obtiene ningún trabajo útil ya que no hay desplazamiento alguno en ese sentido y la rueda se encuentra únicamente bajo movimiento circular. Sin embargo, es importante conocer la magnitud de esta fuerza ya que pequeña parte de esta ejercerá como una ligera carga para el eje y la estructura que sostendrá la rueda hidráulica. Además, esta representara parte del potencial no aprovechado.

La potencia máxima que puede llegar a comunicarse a la rueda hidráulica está dada por:

Ecuación 19: Potencia del chorro

$$P_{\text{chorro}} = \frac{c_1^2}{2} Q \rho$$

Ecuación 20: Eficiencia de la rueda hidráulica

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{chorro}}} * 100$$

7. Modelado de una rueda de Poncelet

a. **Análisis dimensional y similitud.** Es una herramienta útil en todas las disciplinas la cual es principalmente utilizada cuando es necesario diseñar y realizar experimentos; ya que con este análisis se puede ahorrar tiempo y dinero dado que las pruebas a realizar se hacen en un modelo a escala geométrica, en lugar de un prototipo de tamaño real (Cengel & Cimbala, 2006).

Objetivos del análisis dimensional

- Generar parámetros adimensionales que ayuden en el diseño de experimentos y en el reporte de los resultados experimentales.
- Obtener leyes de escalamiento de modo que se pueda predecir el desempeño del prototipo a partir del desempeño del modelo.
- Predecir las tendencias en la relación entre parámetros.

Considerando que se busca obtener una similitud completa entre el modelo de rueda hidráulica a fabricar y el prototipo, será necesario tener similitud geométrica, cinemática y dinámica. Por lo que se deberá denotar el parámetro adimensional dependiente y los parámetros adimensionales independientes a analizar entre el modelo y el prototipo. Ya que para garantizar una similitud completa debe existir igualdad entre cada uno de los parámetros independientes del modelo y del prototipo.

b. **Teorema de Pi Buckingham.** Para alcanzar la similitud dinámica se hará uso del método de repetición de variables conocido también como teorema de Pi Buckingham, el cual ayudará a establecer grupos adimensionales. Los pasos a seguir son los siguientes:

Tabla 6: Análisis dimensional y modelado

Paso 1	Haga una lista con los parámetros del problema y cuente su número total n .
Paso 2	Haga una lista con las dimensiones primarias de cada uno de los n parámetros.
Paso 3	Establezca la reducción j como el número de dimensiones primarias. Calcule k , el número esperado de π $k=n-j$
Paso 4	Elija j parámetros repetitivos.
Paso 5	Construya las k y manipule según sea necesario.
Paso 6	Escriba la relación funcional final y verifique su algebra.

Fuente: Elaboración propia

En los anexos se adjunta una tabla de dimensiones y unidades primarias, descripción detallada de los seis pasos para realizar un análisis dimensional, lineamientos para elegir parámetros repetitivos y una lista de parámetros adimensionales ya establecidos comúnmente utilizados en la mecánica de fluidos para facilitar el uso del método de repetición de variables.

V. MARCO JURÍDICO

A. Marco jurídico del agua

El agua es un recurso vital por lo que la Constitución Política de la República de Guatemala en el capítulo VII régimen municipal establece en el artículo 253 que la municipalidad le corresponde la función de obtener y disponer de sus recursos entre los que se encuentran los servicios de agua potable y saneamiento, así también el Código Municipal, Decreto No 12-2002 y su reforma, Decreto No 56-2002 del Congreso de la República hacen referencia en el artículo 68 como competencias propias del municipio el abastecimiento domiciliario de agua potable. (Congreso de la República de Guatemala, 2002)

El Código de Salud, Decreto No. 90-97 del Congreso de la República en el artículo 78 El estado, a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) en coordinación con el instituto de Fomento Municipal (INFOM) y otras instituciones del sector, son encargados de impulsar una política prioritaria y de necesidad pública que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable, con énfasis en la gestión de las propias comunidades, para garantizar el manejo sostenible del recurso. (Congreso de la República de Guatemala, 1997)

Además menciona que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) en coordinación con las instituciones del sector velarán por la protección, conservación, aprovechamiento y uso racional de las fuentes de agua potable, siendo esta el área encargada de la construcción de servicios destinados a la provisión y abastecimiento permanente de agua potable a las poblaciones urbanas y rurales, siendo el Ministerio de Salud Pública y Asistencia social la encargada de vincular normas a la administración, construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable para consumo humano (Artículos 80, 82 y 86 del Código de Salud). (Congreso de la República de Guatemala, 1997)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la entidad del sector público que se especializa directamente en materia ambiental, con el fin de proteger los sistemas naturales, fomentando una cultura de respeto, armonía con la naturaleza, fue creado a través del Decreto No. 90-2000 del Congreso de la República con el objetivo de velar que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente, siendo así las prioridades disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural de Guatemala (MSPAS, Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento, 2012).

A través del Decreto 1132 del Congreso de la República se creó el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) con el fin de promover el progreso de los municipios, brindando asistencia técnica y financiera a las municipalidades en programas básicos de obras y servicios públicos, dentro de esta asistencia técnica y financiera se ve involucrado lo concerniente a los servicios de agua potable y saneamiento (MSPAS, Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento, 2012).

La ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, Decreto No. 11-2002, del Congreso de la República, el artículo 3 indica que el objetivo del sistema de Consejos de Desarrollo es organizar y coordinar la administración pública mediante la formulación de políticas de desarrollo, planes y programas presupuestario y el impulso de la coordinación interinstitucional, pública y privada. (MSPAS, Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento, 2012).

B. Secretaria General de Planificación -SEGEPLAN-

La SEGEPLAN creó en su nuevo reglamento, la Dirección de Ordenamiento Territorial, encargada de elaborar la propuesta de políticas, metodologías, normas, instrumentos y herramientas, que faciliten el ordenamiento del territorio, en el marco del apoyo técnico que la Secretaría ofrece al Sistema de Consejos de Desarrollo y a las municipalidades, así como la puesta en marcha de los sistemas de información que sustenten las tomas de decisiones a nivel territorial.

La SEGEPLAN, a través de la dirección de Ordenamiento territorial, brinda asesoría técnica a procesos de planificación del ordenamiento territorial municipal, para realizar sus planes de ordenamiento territorial y se convierte en la entidad encargada de velar por la calidad y el registro de los planes de ordenamiento territorial en todo el país.

La gestión del ordenamiento territorial

- El Ordenamiento Territorial es un proceso que contribuye a mejorar la calidad de vida de los pobladores de un territorio a través de la aplicación de un conjunto de instrumentos que identifican de manera estratégica “dónde”, cómo y con qué temporalidad, se necesita desarrollar acciones, intervenciones e inversiones públicas y privadas para llevar el nivel de desarrollo de una determinada localidad hacia uno mejor.

- Este proceso busca fortalecer la capacidad de las autoridades municipales y nacionales para entender y dar a entender las dinámicas del territorio, para regular usos y actividades, orientar las inversiones públicas y estimular inversiones privadas, así como territorializar las políticas públicas.

- El Ordenamiento Territorial cobra vida a través de su implementación y evaluación continua. El éxito de este proceso depende en gran medida de la voluntad de los diversos actores involucrados en caminar hacia una visión concertada sobre los tipos de uso y el tipo de gestión que se aplicará en el territorio. En este sentido, el Ordenamiento Territorial se constituye en un proceso de negociación y concertación ciudadana.

- Para lograr un impacto directo en la práctica de la gestión territorial, la elaboración y la implementación del Plan de Ordenamiento Territorial requieren de la participación reflexiva de la ciudadanía y de una relación de corresponsabilidad entre sociedad y gobierno.

- El OT, como seguimiento a la planificación territorial, es un proceso liderado por las municipalidades y acompañado técnicamente por la SEGEPLAN. En éste proceso se definen reglas

claras para la gestión del desarrollo territorial, por eso es importante que la mayoría de actores se involucren.

- La SEGEPLAN, como entidad rectora del Sistema Nacional de Planificación, brinda asistencia técnica y herramientas para que cada municipio cuente con su plan de ordenamiento territorial o POT.

Marco legal para el ordenamiento territorial

- Dado que no hay un marco legal para el ordenamiento territorial y a que desvinculadamente coexisten 17 leyes y 6 reglamentos que hacen referencia al tema, vigentes algunas de ellas desde 1956, es muy difícil dilucidar donde termina la libertad para un propietario de hacer con la propiedad lo que él desea y donde inicia el poder del estado para garantizar el bien común, que de acuerdo al artículo 2 de la Constitución "es su fin supremo".

- La propia Constitución Política de la República es la que asigna a las municipalidades, entre sus funciones específicas, "atender el ordenamiento territorial de su jurisdicción", sin que en ella o en otro cuerpo legal existente se defina qué realmente quiere decir el término y hasta dónde se extiende el concepto para la aplicación del mismo.

- La Constitución es clara al decir que "la función pública no es delegable", por lo que el ordenamiento territorial lo tienen que hacer las municipalidades mismas y no los desarrolladores de proyectos ni los vecinos de un área. Es decir, todo el poder de ordenamiento territorial recae en las municipalidades mismas.

VI. METODOLOGÍA

Se busca estudiar la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá identificando su potencial hidroeléctrico y su aprovechamiento a nivel local haciendo uso de la herramienta Q-GIS para la creación de mapas temáticos que muestren las zonas de interés. Se caracterizarán las fuentes en función de su ubicación, tipo de obra civil, método de desinfección y población beneficiada, mediante la utilización de fichas técnicas. Posteriormente se analizarán las variables que afectan a la recarga hídrica y cuáles son sus variaciones según los escenarios planteados, identificando las zonas potenciales de recarga hídrica basadas en la ecuación de Mathus Silva. Se identificará lugares donde sea factible generar energía eléctrica según la topografía de la cuenca con el fin de determinar el potencial hidroeléctrico. Así mismo se propone el diseño de una rueda hidráulica para la microgeneración de energía en los puntos establecidos con una capacidad hidroeléctrica apropiada. Se realizará un análisis financiero de valor presente neto y costo anual uniforme equivalente como respaldo al costo de oportunidad de la calidad de agua y la toma de decisiones en el área de estudio.

VII. RESULTADOS

A. Análisis de los objetivos de desarrollo sostenible en relación a la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá

1. Plan Departamental Chimaltenango

- **Objetivo 1: Fin de la pobreza**

- ODM 1: Erradicar la pobreza extrema

- Reducir a la mitad entre 1990 y 2015 el % de personas cuyos ingresos sean inferiores a un dólar por día.

- Meta departamental para la población debajo de la línea de pobreza total es de 29.00 con una brecha departamental de -31.54.

- El índice de la brecha de pobreza extrema para la estimación del 2006 fue de 19.3 con una meta departamental de 1.4 para una brecha departamental de menos 17.93.

- Octavo lugar a nivel nacional.

- Existe un Plan Intersectorial de Transición de la Calamidad hacia la Sostenibilidad Alimentaria y Nutricional 2010, de la CODESAN liderado por Gobernación Departamental, la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nacional SESAN y MSPAS, MAGA, SOSEP, MINEDUC, FONAPAZ, CONALFA, MARN, SEGEPLAN, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.

- **Objetivo 2: Hambre cero**

Ilustración 56: Estado nutricional de Chimaltenango

Departamento	No. personas	Clasificación de Estado Nutricional (%)				Categoría de Vulnerabilidad Nutricional
		Normal	Retardo en Talla Total	Retardo en Talla Moderado	Retardo en talla Severo	
Chimaltenango	18,217	46.1	53.9	39.0	14.9	Muy Alta

Fuente: SEGEPLAN 2011

- Se ubica a Chimaltenango en una categoría “muy alta” en cuanto a la vulnerabilidad nutricional, con un retardo en talla total de 53.9%, más de la mitad de los niños tienen desnutrición crónica.

- La Comisión Departamental de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Chimaltenango – CODESAN, ha priorizado por corredor seco y pérdidas de cosechas a 5 municipios: (no son de la subcuenca)

- La prevalencia de desnutrición crónica es de 51.8% y la aguda de 1.8

- **Objetivo 3: Salud y bienestar**

- La prestación de servicios de salud los brinda principalmente el MSPAS (43%) seguido de la cobertura del IGSS y servicios privados y sanatorios con un 2%.

- El 31% es extensión por cobertura y el 21% no tiene acceso a servicio, lo que representa un déficit.

- Chimaltenango cuenta con un hospital departamental, 3 centros de atención permanentes, 1 centro de urgencias médicas, 12 centros de salud tipo B, 56 puestos de salud, 6 unidades mínimas, 6 prestadoras de servicios con 18 jurisdicciones (con 221 centros comunitarios); que hacen un total de 103 unidades notificadoras.

- ODM: Mejorar la salud materna

- Reducir de 105 muertes estimada en 2005 a 62 muertes en 2015.

- Aumentar la proporción de partos con asistencia de personal sanitario especializado. (médico o enfermero) ya que la mayoría de partos son atendidos por comadronas.

- Cobertura de atención prenatal.

- El desafío del departamento es reducir los casos de mortalidad materna a 0, mediante acciones que promuevan la planificación familiar.

- Las causas recurrentes de morbilidad en la población son: infecciones respiratorias 72.15%, gastritis 10.34%, diarreas 8.72%, neumonías y bronconeumonías 8.5%, amebiasis 6.28%, dermatitis 3.99%, parasitismo intestinal 3.81%, entre otras.

- La mortalidad infantil departamental registrada es de 22.83% y sus principales causas son neumonías y bronconeumonías, sepsis bacteriana, asfixia del nacimiento, prematuros, diarreas, síndrome de dificultad respiratoria, y muerte súbita entre otras.

- **Objetivo 4: Educación de calidad**

- En todos los niveles se aprecian tasas de escolaridad que están por debajo de la media nacional, mostrando las grandes brechas aún por cumplir.

- Estas tasas de escolaridad mostradas, deben ser evaluadas para poder dar cumplimiento al objetivo de milenio 2, que busca la enseñanza primaria universal.

- Meta: aumentar las tasas netas de escolaridad -TNE, de primaria, básicos y diversificados a 91.91%, 39.36% y 21.02%, respectivamente.

- Mantener o aumentar la tasa de terminación primaria de 70.42%, subirla a 100%.

○ La infraestructura educativa, según el MINEDUC, fue cubierta con un total de 792 establecimientos en los diferentes niveles educativos, ubicando 130 de ellos en el área urbana y 662 en el área rural.

○ El MINEDUC cuenta con un programa de inclusión educativa con desafíos para el año 2012, donde se incluyen políticas nacionales de calidad, cobertura, equidad y educación bilingüe, que pretenden aumentar tasas y reducir brechas para alcanzar los ODM.

- **Objetivo 5: Igualdad de género**

Ilustración 57: Índices de alfabetización por sexo en Chimaltenango

Año	Total			Hombres			Mujeres		
	Índice de analfabetismo	Población	Analfabetas	Índice de analfabetismo	Población	Analfabetas	Índice de analfabetismo	Población	Analfabetas
2008	17,13%	305.538	52.329	15,19%	145.850	22.156	18,89%	159.688	30.173
2009	15,30	315,877	48,337	14,40	150,702	21,699	16,13	165,175	26,638

Fuente: Coordinación de Alfabetización Departamental de Chimaltenango. Área de Estadística de la Unidad de Informática y Estadística. CONALFA, 12-02-2010.

○ La tasa de analfabetismo en personas de 15 años a más en el departamento de Chimaltenango es del 15.30% de una población analfabeta de 48,337 de los cuales 26,638 son mujeres y 21699 son hombres.

○ El analfabetismo prevalece en las mujeres, hace que esté en desventaja en relación a los hombres. Hay un reto en reducirlo y necesita del fortalecimiento institucional.

○ Por otra parte, actualmente existe un Programa Presidencial de Gobierno coordinado por el Consejo de Cohesión Social (CCS) y ejecutado por la Secretaría de Bienestar Social llamado “Escuelas Abiertas”, este es un espacio con equidad de género para que la juventud, niñez y adolescencia de las comunidades usen adecuadamente su tiempo libre los fines de semana.

○ Se logra mediante un proceso de educación integral, que incluye el desarrollo artístico, deportivo y cultural.

○ ODM 3: Promover la igualdad entre los sexos y la autonomía de la mujer.

- Esto solamente cubre a nivel de educación.
- Meta: Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria.

- Brechas Departamentales: en primaria, 94 niñas por cada 100 niños (0.06); en básicos, 85 niñas por cada 100 niños (0.15) y en diversificados, 81 por cada 100 (0.19).

- Los mayores esfuerzos deben dirigirse hacia los niveles básico y diversificado, aunque el nivel pre-primaria muestra una brecha amplia.

- **Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento**

- Según el Instituto Nacional de Estadística, en su XI Censo de Población y VI Habitación del 2002, de un total de 83,516 hogares, el 80.85% cuentan con acceso al agua potable. Aunque el porcentaje subió a un 88.88%, en 2006.

- La reducción de la brecha sobre el acceso de la población a los servicios de saneamiento, esto supone un esfuerzo institucional respecto al manejo de las aguas servidas y desechos sólidos entre otros en el territorio.

- Las plantas de tratamiento de aguas servidas se encuentran en los municipios de Chimaltenango, Tecpán, Zaragoza, San Martín Jilotepeque, San Juan Comalapa, Patzicía, Patzún, Balanyá, Acatenango, San Pedro Yepocapa, San Andrés Itzapa y Parramos.

- En el departamento de tratan únicamente 28,153 m³ de los 148,165 m³ de aguas residuales al día, lo que equivale al 15.12% de la generación.

- Se hace necesario implementar un programa integral de agua potable y saneamiento ambiental, que incluya diseño, planificación, ejecución y operación de red de una planta de tratamientos municipales e intermunicipales.

- **Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante**

- La distribución de la electricidad en el departamento está bajo el control del INDE y en algunos municipios cercanos al occidente por la distribuidora Unión FENOSA.

- Se reporta que la población tiene constantes quejas por la variación de los costos en el servicio.

- Según el Ministerio de Energía y Minas, en el documento Estadísticas Energéticas Subsector Eléctrico 2001-2006, la cobertura en el departamento de Chimaltenango se encuentra en un 95.4%, mostrando que solamente un 4.6% de las poblaciones rurales más lejanas son las que se encuentran sin acceso a este servicio.

- Se registra una hidroeléctrica en Patzún de la cual no se tiene conocimiento.

- Según la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, en el año 2008, se inició una generadora de energía, identificada como Generadora Central, S.A. GECSA 2,

con una turbina Vapor-Bunker que tiene potencia de 37.80 MW y un costo aproximado de 75.60 millones de dólares.

- La planificación dice: “es importante aprovechar los recursos naturales que permitan la posibilidad de generar energía a través de proyectos menores locales, que requieran de inversiones menores y que permitan otorgar energía a sus pobladores con costos mucho más accesibles, constituyéndose en proyectos auto sostenibles que dan calidad de vida, incrementando además los aspectos económicos del sector.”
- Chimaltenango cuenta con recursos hídricos que pueden ser utilizados para tal fin, pero de momento, no se están explotando con esta visión.

- **Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico**

Ilustración 58: Población económicamente activa de Chimaltenango

Código Departamento y Municipio	Chimaltenango	San José Poaquil	San Martín Jilotepeque	Comalapa	Santa Apolonia	Tecpán Guatemala	Patzún	Pochutá	Patzún	Santa Cruz Balanyá	Acalenango	Yepocapa	San Andrés Itzapa	Parramos	Zaragoza	El Tejar	Departamento de Chimaltenango
Total Población más de 7 años	59016	15415	44619	27843	8974	45498	33475	7644	18784	5188	14143	17879	16718	7438	14106	10967	347707
Población Económicamente Activa	24689	6744	11627	11883	3258	19016	14025	3551	7733	2502	5391	6649	6520	3105	6345	4949	137987
Población Ocupada	24490	6671	11576	11830	3231	18752	13939	3529	7676	2491	5379	6527	6451	3092	6304	4905	136843
Población Desocupada	199	73	51	53	27	264	86	22	57	11	12	122	69	13	41	44	1144
Población Económicamente Activa Hombres	17072	5042	9213	9256	2646	14962	11133	2499	6326	1876	4484	5700	5126	2367	4858	3478	106038
Población Económicamente Activa Mujeres	7617	1702	2414	2627	612	4054	2892	1052	1407	626	907	949	1394	738	1487	1471	31949
Tasa de Ocupación	99.19	98.92	99.56	99.55	99.17	98.61	99.39	99.38	99.26	99.56	99.78	98.17	98.94	99.58	99.35	99.11	99.17
Tasa de Desocupación	0.81	1.08	0.44	0.45	0.83	1.39	0.61	0.62	0.74	0.44	0.22	1.83	1.06	0.42	0.65	0.89	0.83

Tasa de Ocupación, calculada como: $(\text{población ocupada} / \text{PEA}) * 100$

Tasa de Desocupación, calculada como: $(\text{población desocupada} / \text{PEA}) * 100$

Fuente: XI Censo de Población y VI Habitación INE 2002.

- La PEA (Población económicamente activa) del departamento era equivalente al 31% sobre una base de 446,133 habitantes, de los cuales 77% son hombres y el 23% son mujeres.
- Un 39% son empleados de iniciativa privada y un 31% trabajan por su cuenta.
- Existe un gran segmento de la PEA que es joven y que registra la mayor cantidad de personas en los municipios Chimaltenango, Tecpán, Patzún y Comalapa. Mientras que los que cuentan con menor PEA, son los municipios de Santa Apolonia, Parramos y Balanyá.
- Según la Encuesta Nacional de Empleos e Ingresos del 2004, registró que el 22.1% de la población desempleada, posee un nivel de estudios de secundaria completa o incompleta, el 44.9% buscan empleos privados como obreros, el 28.3% busca cualquier tipo de empleo y solo un 7.9% busca instalar su propia empresa o negocio.

- Existe fuerte migración hacia otros departamentos.
- La actividad económica del departamento se divide en dos rubros básicos: la agricultura y la industria, principalmente la agroindustria y la maquila.
- Chimaltenango desarrolla una producción agrícola variada y abundante, están el café de Pochuta y Acatenango, el frijol de Acatenango y Parramos, así como la caña de azúcar de calidad superior, maíz, trigo, hortalizas y frutas de todo clima.
- El sector textil y de prendas de vestir ocupa una de las principales fuentes de ingresos en cuanto a las exportaciones.
- El comercio y los servicios financieros, comerciales, turísticos, de transporte, están presentes en todo el departamento, no constituyen los principales motores económicos.

- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura**

- El Territorio Industrial está diversificado, se considera el motor comercial e industrial del departamento, también cuenta con municipios de producción eminentemente agrícola.
- En términos generales el departamento de Chimaltenango cuenta con una red de carreteras en buenas condiciones, sin embargo, efectos climáticos han ocasionado fuertes daños.
- La mayor parte de la población cuenta con un servicio de transporte eficiente y rápido para comunicarse tanto a la cabecera departamental como la ciudad capital.
- La cabecera departamental no cuenta con una terminal de buses apropiada, lo que provoca caos vial en el espacio de concentración.
- A nivel departamental existen carreteras asfaltadas que comunican los municipios entre sí y las distancias en la mayoría de casos son cortas.

- **Objetivo 10: Reducción de las desigualdades**

- ODM 3: Promover la igualdad entre los sexos y la autonomía de la mujer.
 - a. Meta: Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria.
- No se da en una forma equitativa la igualdad de oportunidades, no se cumple con los preceptos que promulgan los derechos humanos, al no velar por el cumplimiento de las normativas y se permite que se violenten los mismos.
- En el departamento existe gran explotación de jóvenes y niños en actividades nocivas para su integridad física y moral.

- Las personas de tercera edad, sufren de abandono por parte de las familias y falta de asistencia social por parte del Estado.

- En cuanto a personas con capacidades diferentes, no se registra consideración alguna, y el acceso a la justicia se ve restringido muchas veces por la burocracia y el lento avance de los procesos, muy pocas veces se llega a una sentencia condenatoria o porque las víctimas sufren de amenazas por lo que optan por no denunciar.

- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles**

- ODM 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

- Meta: Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.

- La meta del departamento era del 87.63% por lo que se indica que ya fue superada en un 1.17%.

- Sin embargo, en saneamiento la estimación del 2006 indicaba 58.3% y la meta del departamento es de 64.23%.

- Brecha departamental de 5.93%, así que es importante encaminar acciones de ampliación y mejoramiento de los servicios de saneamiento para mantenerlo y ampliarlo en los municipios con menor acceso al servicio.

- **Objetivo 12: Producción y consumo responsables**

- La recolección de basura se hace a través de servicio municipal, privado, quema de los desechos, ubicación en botaderos no autorizados, en las orillas de los cauces de las corrientes de agua o las entierran.

- Cuando no existen plantas de tratamiento de desechos sólidos, la descarga se hace directamente en vertederos que van a parar a los diferentes ríos, provocando contaminación y efectos negativos para la salud.

- Actualmente, se ha iniciado un proceso de separación de desechos sólidos, aunque solamente en Chimaltenango y Yepocapa.

- En el departamento de Chimaltenango se considera que el sector agrícola y el sector agroindustrial poseen gran potencial por la variedad de productos no tradicionales y por la adecuada producción y comercialización de tales productos.

- Muchas de las empresas que trabajan en esta área, así como una cantidad considerable de productores individuales unidos en asociaciones, han logrado certificarse y aprobar los estándares internacionales de calidad.

- El 59% de la producción nacional de arveja es del departamento de Chimaltenango, el Territorio Agro-Productivo cuenta con la mayor parte de ese cultivo. El cultivo de güicoy es otra producción de alto rendimiento, 38% del total nacional, además del Territorio Agro-productivo, también está en Territorios Agro-eco turístico y Territorios Industrial.

- **Objetivo 13: Acción por el clima**

- Áreas protegidas: los técnicos del Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala realizan una valoración que identifican las áreas que enfrentan amenazas en su flora y fauna, como área protegida.

- Son 200 km² los declarados como área protegida en el departamento.
- El municipio de Patzún cuenta con 57.76 km² de dicha extensión.
- Sin embargo, se dice que el área no protegida alcanza una extensión territorial de 1650.15 km², sin que se tenga estrategia de intervención.

- Cobertura boscosa: se dice que se identifican áreas sin bosque, pero tienen una cobertura diferente del bosque y en ellas el bosque abierto comparte el área con cultivos diversos, tanto anuales como perennes o con pastos.

- En el departamento predominan los bosques mixtos, las áreas de hortalizas, los bosques latifoliados y las áreas cafetaleras.

- Se manifiesta un profundo deterioro del ambiente en cuanto a la calidad, ya que los focos de contaminación no se han controlado.

- No se identifica una política departamental para reducir el deterioro del ambiente.

- Lo que se maneja es un sistema de Gestión de Riesgo.

- La CONRED es la entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de los desastres a nivel nacional, atiende a través de la Sede Regional No. 2, con un centro de operaciones de emergencia COE ubicado en el interior de la Gobernación departamental.

- Esta institución cuenta con los planes estratégicos, en 2007 se integró dentro de los Planes Estratégicos de la Comunicación para la Gestión de Riesgo, contemplando el diseño de los planes, políticas institucionales, caracterizaciones, campañas de sensibilización y los planes de comunicación para la gestión del riesgo dentro del departamento, de manera que se minimicen los efectos negativos de los constantes eventos naturales.

- **Objetivo 14: Vida submarina**

- No se encuentra nada registrado.

- **Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres**

- Zonas de vida: cuenta con una variada clasificación, como un sistema de clasificación de climas. El sistema se basa en la presencia de especies vegetales indicadoras. La clasificación de las zonas de vida puede permitir identificar el uso apropiado para cada zona.

- Los desastres naturales recientes han modificado estas zonas de manera que no existe un registro exacto del nuevo estado.

- **Objetivo 16: Paz, justicia e instituciones sólidas**

- La base legal para el tema de seguridad ciudadana en Guatemala, donde el Congreso de la República de Guatemala, la Corte Suprema de Justicia, el Ministerio Público y de Gobernación, marcan las políticas nacionales al respecto.

- Pero existen instancias de apoyo para el CODEDE: la Policía Nacional Civil PNC, la Procuraduría de Derechos Humanos PDH, la Procuraduría General de la Nación PGN, el Instituto Nacional de Estadística INE, el Juzgado de Familia, el Juzgado de Trabajo, el Juzgado de Menores el Juzgado Civil, el Juzgado de Instancia Penal y el Juzgado de Paz; el Centro de Investigación, Capacitación y Apoyo a la Mujer CICAM, la Secretaría Presidencial de la Mujer SEPREM, donde cuentan también con un Plan de Oportunidad y Equidad.

- El Vice Ministerio de Apoyo Comunitarios VAC, que basan su accionar en programa de acción contra la violencia; la Unidad para la Prevención Comunitaria de la Violencia UPCV.

- Por parte del Ministerio de Gobernación, la creación de “Las Comisiones de Seguridad Ciudadana” que a través de las “Juntas Locales de Seguridad”, prestan apoyo a los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural.

- Policía Nacional Civil: en la cabecera departamental se encuentra la Comisaría No. 73 que pertenece al Distrito Noroccidente.

- Cuenta con 4 estaciones, 14 sub-estaciones, 1 núcleo de reserva y las especialidades: DEIC, DIPRONA, Antecedentes Policiacos, Atención a la Víctima, SECOP, SENA, SIRC, Prevención del Crimen y Sección de Equidad de Género.

- Se cuenta con 267 efectivos policiales, bajo la base de una población actual aproximada de 596,789 habitantes, equivale a 2,197 personas por cada efectivo policial.

- Lo cual está muy debajo de las 500 por persona que establece el Ministerio de Gobernación y aún más lejos de los 300 como estándar internacional de la ONU.

- Hasta el mes de mayo de 2010, se establece que los municipios con mayor incidencia en delitos con: Chimaltenango, El Tejar y San Andrés Itzapa.

- Mientras que los de mayor seguridad son: Santa Apolonia, Yepocapa, Balanyá, Pochuta, Patzún, Poaquil y Comalapa.

- El CODEDE de Chimaltenango: organiza y coordina la administración pública, mediante la formulación de políticas, desarrollo, planes y programas presupuestarios, y vela por el impulso de la coordinación interinstitucional, pública y privada.

- Tienen orientada su inversión principalmente en tema de infraestructura, un 52.38% de la inversión fue dirigida hacia proyectos de Desarrollo Urbano y Rural con 44 proyectos registrados, 21.42% con 18 proyectos de Agua y Saneamiento y un 13.09% en 11 proyectos de Educación, dejando el resto de 13.11% en 1 proyecto de Servicios Generales, 1 de Salud y Asistencia Social, 2 de Cultura y Deportes y 7 de Transporte.

- En la cabecera se concentra la sede de la mayor cantidad de entidades públicas, dando cobertura a todos los municipios.

- Evidencia que faltan esfuerzos gubernamentales para temáticas sociales, productivas y ambientales, complementadas con las acciones de las ONG.

- Los ministerios de Salud y Educación, las entidades descentralizadas como RENAP, TSE, PNC, CONALFA y los juzgados de paz tienen presencia en todos los municipios.

- Otros programas ministeriales y entidades públicas tienen presencia local solo en algunos municipios, para abordar puntualmente la problemática de cada población.

- **Objetivo 17: Alianzas para alcanzar los objetivos**

- Algunas instituciones están trabajando para realizar programas y proyectos integrales como el Plan Operativo Anual en Seguridad Alimentaria y Nutricional POASAN, gestionado por el CODESAN, en el sector salud o la implementación de la gestión de sustancias químicas SAICM, gestionadas por el MARN en el sector ambiental.

- También se cuenta con gran cantidad de ONG, reunidas alrededor de diversos temas, pero a pesar de esa gran presencia y los esfuerzos por el trabajo interinstitucional, así como la cohesión y coordinación entre ellas, es débil al momento de realizar trabajo conjunto.

- En la organización local social se identifican organizaciones como los comités de barrio (fuera del sistema de Consejos de Desarrollo), hasta llegar a los Concejos Comunitarios de Desarrollo COCODES, instancia que debería aglutinar a los primeros.

○ A nivel municipal existen los COMUDES que aglutinan a los representantes de los COCODES y a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, además también se pueden integrar las cooperativas, pequeñas y medianas.

○ Y a nivel departamental están las CODEDES que reúne a los representantes de los COMUDES.

2. Resumen de objetivos de desarrollo sostenible relacionados a la subcuenca

Cuadro 2: Fin de la pobreza

Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Indices de pobreza	Indices de pobreza extrema
Acatenango	<p>Existe una brecha municipal de -7.6%, lo que refleja un crecimiento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 6.9%</p> <p>Acciones que propicien mejoras en los accesos de servicios de salud, educación y lineamientos para favorecer la producción y economía local.</p>	67.70%	14.7%
Chimaltenango	<p>Municipio con el menor índice de pobreza extrema y de pobreza general.</p> <p>Existe una brecha municipal de -1.70%, lo que refleja una disminución de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 2.6%</p> <p>Para seguir disminuyendo los índices de pobreza, es necesario la inversión en infraestructura productiva, en donde calles y caminos faciliten la comercialización de productos.</p>	27.30%	4.3%

Continuación Cuadro 2			
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Indices de pobreza	Indices de pobreza extrema
Patzún	<p>Se ubica en el sexto lugar que presenta un alto porcentaje de pobreza extrema, según la estimación del 2002.</p> <p>Existe una brecha municipal de -11.5%, por lo que es evidente una tendencia ascendente de pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 5.1%. La meta de reducir ese índice a la mitad se ve difícil de alcanzar.</p>	64.40%	16.70%
San Andrés Itzapa	<p>Existe una brecha municipal de -10.2%, por lo que hay un crecimiento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 3.6%</p> <p>Acciones que propicien mejoras en los accesos de servicios de salud, educación y lineamientos para favorecer la producción y economía local.</p>	62.70%	13.90%
San Juan Comalapa	<p>Existe una brecha municipal de -7.9%, por lo que indica un aumento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 4.9%</p> <p>Estratégicamente deben crearse fuentes de empleo, se propone el fortalecimiento agroindustrial y eco-turístico como fuentes de ingreso.</p>	65.20%	12.70%
Zaragoza	<p>Existe una brecha municipal de -3.1%, lo que evidencia una disminución de la pobreza extrema. Meta del municipio 2015= 7.7%</p> <p>Para seguir disminuyendo los índices de pobreza, es necesario la inversión en infraestructura productiva, en donde calles y caminos faciliten la comercialización de productos.</p>	55.20%	10.80%

Continuación Cuadro 2			
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Indices de pobreza	Indices de pobreza extrema
Santa Apolonia	<p>Municipio con la más alta pobreza extrema y pobreza general.</p> <p>Existe una brecha municipal de -7.7%, por lo que indica un aumento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 11.8%</p> <p>Mediante políticas que fomenten la implementación de proyectos productivos comunitarios y la reactivación de la economía, y mediante capacitación de formación de mano de obra calificada en los cultivos existentes y la Horticultura.</p>	76.80%	19.50%
Santa Cruz Balanyá	<p>Existe una brecha municipal de -6.3%, por lo que indica un aumento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 5.1%</p> <p>Mediante políticas que fomenten la implementación de proyectos productivos comunitarios y la reactivación de la economía, y mediante capacitación de formación de mano de obra calificada en los cultivos existentes y la Horticultura.</p>	62%	11.30%
Tecpán	<p>Existe una brecha municipal de -7.0%, por lo que indica un aumento de la pobreza extrema.</p> <p>Meta del municipio 2015= 11.6%</p> <p>Estratégicamente deben crearse fuentes de empleo, se propone el fortalecimiento agroindustrial y eco-turístico como fuentes de ingreso.</p>	70.20%	18.60%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3: Hambre cero

Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual
Acatenango	<p>De acuerdo a la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional SESAN, la prevalencia de retardo de talla o desnutrición crónica es de 59.5%.</p> <p>La vulnerabilidad nutricional es “alta” según el Tercer Censo Nacional de Talla en Escolares de Primer Grado de Educación Primaria en el año 2008; esto indica vulnerabilidad ante la inseguridad alimentaria nutricional -INSAN.</p> <p>Existe un Plan Integrado Intersectorial para la preparación ante emergencias y acciones sostenibles en Seguridad Alimentaria, realizado por la Comisión de Seguridad Alimentaria del Departamento de Chimaltenango.</p> <p>El riesgo en el municipio no es muy alto, se reportan comunidades con riesgo alto y medio.</p>
Chimaltenango	<p>Con relación a casos de desnutrición, en Chimaltenango no existen casos reportados de desnutrición crónica o global, solamente desnutrición aguda, 110 casos en leve y 2 en moderada.</p> <p>La cabecera departamental, es la “Puerta de Occidente”, esto permite que realicen diversas actividades comerciales, principalmente la comercialización de todo tipo de productos alimentarios.</p> <p>El uso actual y potencial de los suelos está enfocado a la agricultura de granos básicos, como maíz, frijol, hortalizas.</p> <p>Sin embargo, debido a los efectos de condiciones climatológicas, gran parte de los cultivos y del suelo en general ha disminuido su capacidad productiva.</p>
Patzicía	<p>Con relación a casos de desnutrición, en Patzicía solamente se registraron 2 casos. Sin embargo, padece el problema de desnutrición tanto aguda como crónica.</p> <p>Se encuentra con un porcentaje de 44.9% de retardo de talla, lo cual es cerca del promedio normal, aunque en el retardo severo se encuentra lejos del promedio, por lo que se considera que la vulnerabilidad y la Inseguridad Alimentaria dentro del municipio no deben ser descuidadas.</p> <p>Estos retardos de talla se deben principalmente a problemas relacionados con disponibilidad, acceso, consumo y aprovechamiento biológico.</p>

Continuación Cuadro 3	
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual
Patzún	<p>Con respecto al acceso a los alimentos, se identifica que la producción de alimentos en la agricultura es de subsistencia, principalmente el maíz en todo el municipio.</p> <p>Patzún tiene 29 centros poblados, de los cuales 8 presentan un alto riesgo de no tener seguridad alimentaria, mientras que 21 de ellos presentan un riesgo medio.</p> <p>En cuanto al estado nutricional en Patzún, se tiene prevalencia de retardo en talla del 61.70%. El 45.10% es moderado y el 16.70% es severo.</p> <p>Esto indica que es necesario crear estrategias que contribuyan a la reducción del hambre y pobreza</p>
San Andrés Itzapa	<p>El municipio está identificado con riesgo ante la inseguridad alimentaria nutricional, se han identificado aldeas en el corredor seco: Chimachoy, Hierbabuena, San José Calderas, Panimaquin, Xeparquiy, San José Cajagualten.</p> <p>De acuerdo a la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional SESAN, la prevalencia de retardo de talla o desnutrición crónica es de 49%.</p> <p>No existen casos reportados de desnutrición aguda-severa crónica, solamente desnutrición aguda, 63 casos en leve y 5 en moderada.</p>
San Juan Comalapa	<p>El 60% de la población se dedica a la agricultura de subsistencia, lo que hace a la población vulnerable en el desarrollo productivo y la comercialización, pues solo el 20% de la producción agrícola, las hortalizas, es para comercialización.</p> <p>Alta vulnerabilidad en seguridad alimentaria ante cualquier evento climatológico que altere la débil plataforma económica.</p> <p>La Comisión de Seguridad Alimentaria del Departamento ha priorizado al municipio por ubicarse en el corredor seco.</p> <p>En cuanto al estado nutricional, se tiene prevalencia de retardo en talla del 44.7% es moderado y el 20.30% es severo.</p>

Continuación Cuadro 3	
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual
Zaragoza	<p>De acuerdo a la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional SESAN, tiene una desnutrición crónica muy alta, entre 59 y 89.</p> <p>Existieron 37 casos de desnutrición aguada leve, 3 moderado y 2 severa entre enero y julio de 2009.</p> <p>El uso y potencial de los suelos está enfocado al maíz, frijol y hortalizas, sin embargo, debido a efectos climatológicos, gran parte de los cultivos y del suelo ha disminuido su capacidad productiva.</p>
Santa Apolonia	<p>El porcentaje de Prevalencia de Retardo de Talla del municipio se califica como moderado y es de 49.1%, pero maneja un retardo severo de 24.3%.</p> <p>Se cataloga como alto riesgo en los estados nutricionales en menores de edad.</p> <p>El Ministerio de Salud realiza un esfuerzo por atender a la población infantil, la cual la cubre en un buen porcentaje.</p>
Santa Cruz Balanyá	<p>Se encuentra dentro de los municipios que padece la desnutrición tanto aguda como crónica.</p> <p>En cuanto al estado nutricional, se tiene prevalencia de retardo en talla del 68.9% en niños menores de 5 años, 49.7% es moderado y el 19.20% es severo.</p> <p>La vulnerabilidad y la Inseguridad Alimentaria no deben ser descuidadas.</p> <p>Se evalúa la implementación de la “Estrategia Nacional de la Reducción de la Desnutrición Crónica”</p>
Tecpán	<p>Cuenta con una infraestructura agrícola y de productividad alimentaria, pero no se ha podido superar el riesgo de inseguridad alimentaria.</p> <p>Se encuentran categorizadas 58 comunidades en riesgo, de las cuales 21 están en alto riesgo.</p> <p>El municipio tiene una vulnerabilidad muy alta en la prevalencia de retardo de talla y vulnerabilidad nutricional con un 69.2%.</p>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4: Salud y bienestar

Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Cobertura en salud	Tasa de Mortalidad	Mortalidad infantil
Acatenango	<p>La población cuenta con un centro de salud tipo B, cuatro puestos de salud, doce centros comunitarios, una prestadora de servicios. La mayor parte se moviliza para la cabecera para la atención en salud.</p> <p>La prestación en servicios de salud lo cubre la extensión por cobertura, seguido por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS, en menor porcentaje el IGSS e instituciones privadas.</p>	100%	3.87%	16.60%
Chimaltenango	<p>La población cuenta con un hospital departamental, un centro de salud tipo B, dos puestos de salud, catorce centros comunitarios, una prestadora de servicios, cuatro unidades notificadoras, veintidós clínicas médicas particulares, nueve hospitales y sanatorios privados, treinta y nueve farmacias, un médico ambulatorio.</p> <p>La prestación en servicios de salud lo cubre en 79.94% el MSPAS, le sigue la extensión por cobertura, en menor porcentaje el IGSS e instituciones privadas.</p>	100%	3.81%	25.27%
Patzicía	<p>La población cuenta con un centro de salud tipo B, dos puestos de salud y quince centros de convergencia, tres clínicas médicas privadas, farmacias y laboratorios dentales.</p> <p>En total hay ocho enfermeras, un médico, cinco promotores de salud, cincuenta y un</p>	100%	3.11%	18.07%

Continuación Cuadro 4				
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Cobertura en salud	Tasa de Mortalidad	Mortalidad infantil
Patzún	<p>La población cuenta con poca infraestructura para la atención y cobertura del servicio.</p> <p>Existe en Centro de Salud tipo B, localizado en el área urbana. En el área rural existen cinco puestos de salud localizados en El Sitio, Las Camelias y Pachimulín.</p> <p>Se cuenta con un médico ambulatorio y con setenta vigilantes de salud que atienden veinte comunidades.</p> <p>Además, la población manifiesta que la calidad del servicio no es satisfactoria.</p>	71.95%	5.09%	42.36%
San Andrés Itzapa	<p>El MSPAS cubre el 90% de la población y el otro 10% lo cubre el IGSS y sectores privados.</p> <p>Cuenta con un centro de salud tipo B, un puesto de salud y una unidad mínima.</p> <p>Las debilidades se identifican en insuficiente personal, infraestructura y en la dotación de medicamentos.</p>	100%	3.54%	13.89%
San Juan Comalapa	<p>Debe ampliarse la cobertura de puestos y centros de salud ya que existe un nivel bajo en la cobertura de salud preventiva en el área rural.</p> <p>Los indicadores como la mortalidad y morbilidad infantil, partos no atendidos y materna, preocupan a la salud del municipio.</p>	79.73%	3.00%	19.0%

Continuación Cuadro 4				
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Cobertura en salud	Tasa de Mortalidad	Mortalidad infantil
Zaragoza	<p>Se tiene una buena cobertura de salud debido a la existencia de centro de salud y puestos de salud que operan, dando como resultado tasas de mortalidad materna cero y una baja tasa de mortalidad infantil.</p> <p>Se localizan cuatro puestos de salud, cada uno a cargo de un auxiliar de enfermería. Y dos unidades mínimas de salud.</p> <p>Los centros de salud imparten charlas de prevención de enfermedades.</p>	N/A	3.53%	4.86%
Santa Apolonia	<p>El municipio maneja bajos índices de mortalidad materna pero altos índices de mortalidad infantil.</p> <p>Se debe a los problemas de migración y al sistema eficiente de comadronas que maneja el municipio, más utilizado que medicina formal.</p> <p>Se podría evaluar una réplica del sistema de Santa Apolonia para crear un sistema inter municipal de salud comunal.</p>	95%	5.50%	30%
Santa Cruz Balanyá	<p>Maneja bajos índices de mortalidad materna pero altos índices de mortalidad infantil. Se debe a los problemas de migración y al sistema de comadronas. Cuenta con dos puestos de salud, en el casco urbano y otro en una aldea, Chimazat. Se considera que los puestos de salud no cuentan con el adecuado ni suficiente equipo ni personal.</p>	89.60%	5.75%	32.61%

Continuación Cuadro 4				
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Cobertura en salud	Tasa de Mortalidad	Mortalidad infantil
Tecpán	<p>Se requiere la participación conjunta del gobierno local con instituciones o asociaciones relacionadas con temas de salud e infraestructura social, para cubrir todo el municipio sobre todo en área rural.</p> <p>Cubrir las necesidades de la población más vulnerable, ya que los puestos de salud carecen de personal adecuado y cantidad de insumos para atender las demandas de salud del municipio.</p>	96.22%	3.98%	44%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5: Educación de calidad

Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Tasa de Escolaridad	Alfabetismo
Acatenango	<p>Funcionaron con 185 días efectivos de clase, los siguientes establecimientos en jornada matutina y vespertina, preprimaria: catorce, primaria: veinte, básico: diez, diversificado: uno, es por cooperativa. Incluyendo sector público y privado.</p> <p>Nivel primario: tasa neta de cobertura fue de 85.48%: en niños 85.94% y niñas 85.01%.</p> <p>Nivel básico: tasa neta de cobertura fue de 32.58%: en hombres 32.13% y mujeres 33.03%.</p> <p>Nivel diversificado: tasa neta de cobertura fue de 32.58%: en hombres 32.13% y mujeres 33.03%.</p>	62.80%	78.30%

Continuación Cuadro 5			
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Tasa de Escolaridad	Alfabetismo
Chimaltenango	<p>Funcionaron los siguientes establecimientos en preprimaria: catorce, primaria: setenta y tres, básico: sesenta y seis, diversificado: setenta y siete.</p> <p>Nivel primario: tasa neta de cobertura fue de 81.95%. Nivel básico: tasa neta de cobertura fue de 49.95%. Nivel diversificado: la tasa neta de cobertura fue de 71.27%.</p>	103%	91.70%
Patzicía	<p>La tasa bruta de escolaridad es de 120.2%, gran superación de la brecha municipal, en el nivel primario y la tasa de terminación es de 76.1%.</p> <p>La calidad educativa es percibida como buena por los pobladores. El municipio cuenta con ciento tres maestros, veinticuatro en área rural y setenta y nueve en área urbana.</p> <p>Nivel primario: La retención fue de 98.26%. Nivel básico: La retención fue de 98%. Nivel diversificado: La retención fue de 100%.</p>	120.20%	84.40%
Patzún	<p>En cuanto al número de inscripciones, cabe destacar que incrementó en 2009 del 7.74%, en el nivel primario 15.73%, en el nivel básico 6.44% y en nivel diversificado de 17.24%.</p> <p>Hay problemas de calidad en la educación, el hacinamiento en las aulas, el problema sobre la baja cantidad de educación bilingüe y factores económicos. Es importante que se tome en consideración un mejor control en la educación impartida en el municipio, para que mejore su calidad y contribuya al desarrollo.</p>	71.10%	88.40%

Continuación Cuadro 5			
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Tasa de Escolaridad	Alfabetismo
San Andrés Itzapa	<p>Funcionaron los siguientes establecimientos en preprimaria: veintiuno, primaria: veintiséis, básico: trece, diversificado: tres. Incluyendo sector público y privado y por cooperativa.</p> <p>Existe población infantil que no está cubierta por lo que se hace necesario promover acciones para cumplimiento de la universalización de la primaria.</p>	90.90%	83.60%
San Juan Comalapa	<p>La tasa de analfabetismo oscila en 23.5%, lo cual debe implementar mejoras en materia de acceso a la educación para analfabetos.</p> <p>Políticas oficiales para la gratuidad de la educación y reducción del analfabetismo.</p> <p>Se considera de vital importancia ampliar la cobertura de centros educativos a nivel diversificado, pues esto limita el crecimiento del municipio, propicia la migración y desarrollo profesional de habitantes en otros municipios.</p>	96%	94.30%
Zaragoza	<p>Nivel primario: La retención fue de 98.54%.</p> <p>Nivel básico: La retención fue de 95.59%.</p> <p>Nivel diversificado: La retención fue de 96.85%.</p> <p>La tasa bruta de escolaridad es de 96.6%.</p>	71.30%	93.10%
Santa Apolonia	<p>El municipio tiene déficit con respecto a los establecimientos para nivel diversificado. Esto provoca migración a municipios vecinos y la profesionalización de vasta población joven no se desarrolle. Se registraron crecimientos a lo largo de</p>	77.30%	81.20%

Continuación Cuadro 5			
Municipios	Plan de Desarrollo Municipal/Modelo de Desarrollo Territorial Actual	Tasa de Escolaridad	Alfabetismo
Santa Apolonia	<p>los años, se estimaba alcanzar el 100% de la enseñanza primaria como meta.</p> <p>Poner atención a esta situación porque no sucede así a nivel básico.</p>	77.30%	81.20%
Santa Cruz Balanyá	<p>Tiene deficiencias en el sistema educativo en cuanto a la poca cantidad de establecimientos de nivel básico y diversificado.</p> <p>Esto provoca problemas de migración a municipios vecinos impidiendo la profesionalización de una extensa población joven, según dice la pirámide poblacional.</p>	119.60%	95.10%
Tecpán	<p>Solamente el 30% terminó la educación primaria, aunque la cobertura fue de 92%.</p> <p>La cobertura del nivel básico solo es del 23% para la población en edad de acceso, mientras que en diversificados solo es del 5%.</p>	73.60%	84.60%

Fuente: Elaboración propia

3. Análisis de indicadores. Se tomaron como objeto de estudio algunos indicadores claves o bases, de los cuales se pueden medir cuantitativamente su respectivo objetivo de desarrollo sostenible.

a. Cobertura en salud:

- El servicio que brindan todo el sistema nacional de salud tanto pública como privada, el Ministerio de Salud, el IGSS, entre otras instituciones, sanatorios privados.
- Engloba toda entidad calificada para atender a la población.
- El indicador está dado como un porcentaje del número de personas que fue atendido comparado con la población total del municipio.

- b. Tasa de mortalidad general:
 - esta variable da el número medio anual de muertes por cada 1000 habitantes.
 - El indicador está expresado como proporción.
 - El número tiende a ser muy bajo.
- c. Tasa de mortalidad infantil:
 - este indicador es sobre el número de muertes registradas en niños menores de 1 año de vida.
 - La población infantil es muy vulnerable con diversas causas de mortalidad.
 - El número no siempre es bajo.
- d. Índice de pobreza general:
 - Denota aquella situación en la que una persona no accede a una canasta básica de bienes y servicios más amplios (CBT), que incluye además de los alimentos, rubros como los servicios públicos, la salud, la educación, la vivienda o la vestimenta.
 - El número de personas en esta situación comparado con la población total.
 - Este porcentaje de pobreza tiende a ser muy alto.
- e. Índice de pobreza extrema:
 - Indicador que plantea una realidad que viven las personas, cuando sus ingresos son inferiores a un dólar por día.
 - Persona no accede a la canasta básica de alimentos (CBA) que le permita consumir una cantidad básica de calorías por día.
 - Este porcentaje es más bajo que el de pobreza general.
- f. Tasa de neta de escolaridad:
 - número de niños que se inscriben a escuelas de educación primaria.
 - Este dato se toma para la edad objetiva de 7 a 12 años.
 - El dato tampoco está tomando la terminación del ciclo completo.
- g. Tasa de alfabetización:
 - El número de personas entre 15 a 24 años, que sepan leer y escribir.
 - Porcentaje de este total de personas encuestadas.

h. Acceso a agua potable:

- El número de hogares que tienen acceso al servicio de agua potable o fuentes de agua adecuada para consumo.

- Porcentaje en relación al número total de viviendas registradas.

i. Servicio de saneamiento básico:

- Número de hogares que cuentan con el servicio de saneamiento básico o mejorado.

- Porcentaje en relación al número total de viviendas registradas.

j. Servicio energía eléctrica:

- El porcentaje de hogares que cuentan con el servicio de alumbrado.
- Tienen cobertura o acceso a energía eléctrica por su distribuidora eléctrica.
- Solamente cuenta energía eléctrica y no otro tipo de energía lumínica.

Cuadro 6: Indicadores por municipio

	Cobertura en Salud	Tasa de Mortalidad	Mortalidad Infantil	Índice de Pobreza	Índice de Pobreza Extrema	Tasa de Escolaridad	Alfabetismo	Servicio Agua Potable	Saneamiento básico	Servicio Energía Eléctrica
Acatenango	100%	3.87%	16.60%	67.70%	14.60%	62.80%	78.30%	92.30%	40.00%	85%
Chimaltenango	100%	3.81%	25.27%	27.30%	4.30%	103%	91.70%	80.85%	65.20%	95.77%
San Juan Comalapa	79.73%	3.00%	19.00%	65.20%	12.70%	96%	94.30%	46.30%	84.77%	88%
Patzicía	100%	3.11%	18.07%	56.40%	9.80%	120.20%	84.40%	40.40%	42.20%	85%
Patzún	71.95%	5.09%	42.36%	64.40%	16.70%	71.10%	88.40%	74.30%	38.90%	82.06%
San Andrés Itzapa	100%	3.54%	13.89%	62.70%	13.90%	90.90%	83.60%	91.25%	69.30%	94%
Santa Apolonia	95%	5.50%	30%	76.80%	19.50%	77.30%	81.20%	81.15%	97.83%	90%
Santa Cruz Balanyá	89.60%	5.75%	32.61%	62%	11.30%	119.60%	95.10%	86.30%	34.60%	90%
Tecpán	96.22%	3.98%	44%	70.20%	18.60%	73.60%	84.60%	74.76%	29.40%	88.49%
Zaragoza	-	3.53%	4.86%	55.20%	10.80%	71.30%	93.10%	85.90%	54.90%	95%

Fuente: Elaboración propia.

B. Caracterización de fuentes de agua de la subcuenca

1. Información general de las comunidades de la subcuenca con agua potable. Con base en la información de la base de datos existente del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se determinó que dentro del área de influencia del río Xayá existen doce comunidades que cuentan con uno o más sistemas de fuentes de agua, en el río Balanyá nueve comunidades y en el río Pixcayá se tienen veintidós comunidades con uno o más sistemas de fuente de agua, haciendo un total de treinta y tres comunidades, entre ellas:

- **Tecpán**

- **Panimacoc**

La aldea Panimacoc se encuentra ubicada a 6 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 2548 habitantes de los cuales 59% de habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. Esta aldea cuenta con dos fuentes de agua ubicadas en el astillero municipal de Tecpán Guatemala, obtenidos de un nacimiento del río de Agua Escondida.

- **Tzanabaj**

La aldea Tzanabaj tiene 325 habitantes, de los cuales únicamente 38 tienen acceso a agua potable, este cuenta con un sistema de abastecimiento por gravedad al tanque de distribución, el cual es alimentado por un nacimiento. Este sistema no cuenta con método de desinfección.

- **Pacorral**

La aldea Pacorral tiene 1849 habitantes, de los cuales el 46% cuentan con acceso una conexión domiciliar, este es alimentado por un nacimiento que abastece por gravedad al tanque de distribución, el cual no tiene un método de desinfección.

- **Chirijuyu**

La aldea Chirijuyu tiene 2795 habitantes, de los cuales el 35% tiene acceso a agua potable, mediante un nacimiento que provee de agua al tanque de distribución, el cual cuenta con un sistema o método de desinfección mediante pastillas de cloro.

- **Patiobolas**

La aldea Patiobolas tiene 584 habitantes, de los cuales únicamente 117 tienen acceso a una conexión domiciliar de agua, abastecida mediante un nacimiento que abastece al tanque de distribución, el cual no cuenta con un método de desinfección.

- **San José Chirijuyu**

La aldea San José Chirijuyu tiene 2518 habitantes, de los cuales el 53.3% tienen acceso a una conexión domiciliar de agua, abastecida mediante un nacimiento que abastece al tanque de distribución, el cual no cuenta con un método de desinfección.

- **Chuachalí**

El caserío Chuchalí se encuentra ubicado a 4 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 971 habitantes de los cuales el 85% de habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. Este caserío cuenta con un nacimiento de agua que abastece a la comunidad.

- **Xetzac**

La aldea Xetzac se encuentra ubicada a 3 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 1767 habitantes de los cuales el 100% de habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. Esta aldea cuenta con dos nacimientos de agua para abastecer a toda la comunidad.

- **Panabajal**

La aldea Panabajal se encuentra ubicada a 8 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 2997 habitantes de los cuales el 92% de habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. La aldea Pabanabal cuenta con un nacimiento compartido con las aldeas Xetonox y la Unión con el que abastece al 39% de la población de agua potable y el otro 53% es abastecido por un pozo mecánico dentro del área de Panabajal.

- **San Antonio**

El barrio san Antonio se encuentra en la zona 4 del casco urbano, con un total poblacional de 3535 habitantes del casco urbano de los cuales el 72% de los habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable.

El barrio San Antonio tiene un nacimiento propio que abastece de agua potable al 17% de la población conocido como "El mirador", El otro nacimiento de esta población se encuentra en la giralda compartida con el barrio La Asunción y barrio Poromá con el que abastece de agua potable al 30% de la población, tiene un tercer nacimiento que es compartido con barrio Patocabaj, Pueblo viejo y Cruz de Santiago, Este abastece de agua potable al 25% de la población.

- **Xenimajuyu**

La aldea Xenimajuyú se encuentra ubicada a 7 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 2449 habitantes de los cuales el 97% de los habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable.

La aldea Xenimajuyú se abastece de un nacimiento compartido obtenido de un nacimiento del río de agua escondida en el astillero municipal de Tecpán Guatemala con el que abastece de agua potable al 62% de la población, así también cuenta con un pozo mecánico que abastece agua potable al 29% de la población.

- **Cruz de Santiago**

La aldea Cruz de Santiago se encuentra ubicada 6 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 1092 habitantes de los cuales el 85% de los habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. La aldea Cruz de Santiago cuenta con un nacimiento compartido con Barrio San Antonio, barrió Patocabaj y Pueblo nuevo.

- **Paxorotot**

La aldea Paxorotot se encuentra ubicada 8 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 2348 habitantes de los cuales el 55% de los habitantes se benefician de abastecimiento de agua potable. La aldea Paxorotot cuenta con un nacimiento de agua.

- **San Lorenzo Poromá**

El barrio San Lorenzo Poromá se encuentra ubicado en la zona 2 del casco urbano, con un total poblacional de 9251 habitantes de los cuales el 84% de los habitantes se beneficia de abastecimiento de agua potable. El barrio San Lorenza Poromá cuenta con un nacimiento ubicado en la giralda dentro del astillero municipal de Tecpán Guatemala el cual abastece agua potable al 82% de los habitantes y un pozo mecánico que abastece de agua potable al 2% de los habitantes.

- **Vista Bella**

El caserío Vista Bella se encuentra ubicado a 6 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 698 habitantes de los cuales el 78% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. El caserío Vista bella cuenta con un nacimiento de agua compartido con el caserío Pamanzana.

- **Pamanzana**

El caserío Pamanzana se encuentra ubicado a 6 kilómetros de la cabecera municipal, con un total poblacional de 998 habitantes de los cuales el 48% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. El caserío Pamanza cuenta con un nacimiento de agua compartido con el caserío Vista bella.

- **Xetonox**

El caserío Xetonox se encuentra en la colindancia con San Juan Comalapa, con un total poblacional de 815 habitantes de los cuales el 76% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. El caserío Xetonox tiene un nacimiento propio con el que abastece de agua potable a la comunidad.

- **Santa Apolonia**

- **San Apolonia – Casco urbano**

Santa Apolonia casco urbano se encuentra ubicado en el kilómetro 92 de la ruta interamericana, con un total poblacional de 5255 habitantes de los cuales el 100% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable.

El casco urbano de Santa Apolonia es abastecido por dos sistemas de agua, un nacimiento y un pozo mecánico.

- **Santa Cruz Balanyá**

- **Santa Cruz Balanyá – Casco urbano**

Santa Cruz Balanyá se encuentra ubicado en el kilómetro 81 de la ruta interamericana, con un total poblacional de 6536 habitantes de los cuales el 79% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. Santa Cruz Balanyá cuenta con tres sistemas de abastecimiento de agua, siendo estos dos nacimientos y un pozo mecánico.

- **Chimazat**

El Caserío Chimazat tiene una población de 1173 habitante, el 100% de sus habitantes tienen conexión domicilia, un nacimiento abastece el tanque de distribución, el cual tiene desinfección por pastillas de cloro en el tanque de distribución.

- **Santa Cruz Balanyá**

El casco urbano de Santa Cruz Balanyá tiene una población de 6536 habitantes, de los cuales el 79% tiene acceso a una conexión domiciliar, el tanque de distribución es abastecido por un nacimiento y dos pozos, los cuales tienen una conducción por bombeo hacia el tanque de distribución.

- **Patzicía**

- **Patzicía – Casco urbano**

Patzicía caso urbano se encuentra ubicado en el kilómetro 68 de la ruta interamericana, con un total poblacional de 17988 habitantes de los cuales el 60% de la población se benefician de abastecimiento de agua potable. El casco urbano de Patzicía cuenta con tres diferentes nacimientos y dos pozos mecánicos utilizados para abastecer de agua potable a la población.

- **El Paraíso**

El caserío Paraíso se encuentra en el sector 2 a 14 kilómetros de la cabecera municipal de Patzún, con un total poblacional de 464 habitantes de los cuales el 16% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. El caserío paraíso cuenta con un pozo mecánico compartido con los caseríos Cerrito Asunción y las Parcelas.

- **Cerritos Asunción**

El caserío Cerritos Asunción se encuentra ubicado a un costado del caserío Paraíso, con un total poblacional de 2267 habitantes de los cuales el 18% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. El caserío Cerritos Asunción cuenta con un pozo mecánico compartido con los caseríos el Paraíso y las Parcelas.

- **La Canoa**

La aldea la Canoa se encuentra ubicado a 11.5 kilómetros de la cabecera municipal de Patzicía, con un total poblacional de 2582 habitantes de los cuales el 30% de la población se beneficia de abastecimiento de agua potable. La aldea la Canoa cuenta con un pozo mecánico compartido con el caserío el Potrerillo.

- **La Parcela**

El caserío la Parcela se encuentra ubicada a un costado del caserío Cerritos Asunción, con un total poblacional de 486 habitantes de los cuales el 26% de la población se beneficia de

abastecimiento de agua potable. El caserío la Parcela cuenta con un pozo mecánico compartido con los caseríos Cerritos Asunción y el Paraíso.

- **El potrerillo**

El caserío Potrerillo se encuentra ubicado a 1.3 kilómetros de la aldea la Canoa, con un total poblacional de 486 habitantes de los cuales el 26% de la población se benefician de abastecimiento de agua potable. El caserío Potrerillo pertenece a la aldea la Canoa por lo cual comparten el mismo pozo mecánico para el abastecimiento de agua potable

- **El Caman**

La Aldea El Caman tiene 4313 pobladores aproximadamente, de los cuales el 32% tiene acceso a agua potable, estos son abastecidos por dos nacimientos. El método de desinfección utilizado son pastillas de cloro, que son aplicadas en el tanque de distribución de la aldea.

- **Zaragoza**

- **Tululche**

El caserío Tululche se encuentra ubicado a 04 kilómetros de la cabecera municipal de Zaragoza, con un total poblacional de 605 habitantes de los cuales el 59% de la población se beneficia de un abastecimiento de agua potable. El caserío Tululche cuenta con un nacimiento de agua para abastecer a la población.

- **Rincón Chiquito**

El caserío Rincón Chiquito se encuentra ubicado a 05 kilómetros de la cabecera municipal de Zaragoza, con un total poblacional de 1215 habitantes de los cuales el 100% de la población se beneficia de un abastecimiento de agua potable. El caserío Rincón Chiquito cuenta con un nacimiento de agua para abastecer a la población.

- **Comunidad 29 de Diciembre**

La comunidad 29 de Diciembre tiene una población de 717 personas y el 100% de la población tiene acceso a agua potable, gracias a un pozo mecánico que abastece por bombeo a la comunidad, el cual tiene un método de desinfección con pastillas en el tanque de distribución.

- **Rincón Grande**

La aldea Rincón Grande tiene una población de 1154 personas, el 100% tiene acceso a una conexión domiciliar de agua potable, gracias a un nacimiento que abastece por bombeo el tanque de distribución. Tiene un método de desinfección por pastillas en tanque de distribución.

- **Joya Grande**

La aldea Joya Grande tiene una población de 1792 personas, de las cuales el 93% tienen acceso a agua potable, la comunidad se abastece gracias a dos sistemas de agua, un nacimiento que abastece al tanque por gravedad y un pozo mecánico que utiliza una bomba de 80HP para hacer llegar el agua hasta el tanque de distribución, estos sistemas no tienen método de desinfección por lo que el agua se entrega tal cual se toma de la captación.

- **Puerta Abajo**

La aldea Puerta Abajo tiene una población de 759 personas, de las cuales el 93% tiene acceso a agua potable, mediante un pozo mecánico ubicado en la comunidad que abastece por bombeo en tanque de distribución.

- **Potrerosillos**

La aldea potrerosillos tiene una población de 495 personas y el 100% tiene acceso a agua potable, el abastecimiento del tanque de distribución es gracias a un nacimiento que conduce el agua por bombeo.

- **El Cuntic**

La aldea El Cuntic tiene una población de 605 personas en donde el 100% tienen acceso a Agua potable, mediante un pozo mecánico que abastece por bombeo a la comunidad, el cual tiene un método de desinfección con pastillas en el tanque de distribución.

- **Agua Dulce**

La Aldea Agua Dulce tiene una población de 1185 personas en donde el 100% tienen acceso a Agua potable, mediante un pozo mecánico que abastece por bombeo a la comunidad, el cual tiene un método de desinfección con pastillas en el tanque de distribución.

- **Zaragoza**

El casco Urbano de Zaragoza tiene una población de aproximada de 12095 personas, de las cuales el 100% tienen acceso a agua potable, gracias a cinco pozos y dos nacimientos distribuidos dentro del mismo casco urbano de la comunidad.

- **Comalapa**

- **Paya**

El caserío Paya cuenta con una población de 1017 personas, en la que solo el 33% de la población tiene acceso a agua potable con chorro domiciliar, la comunidad tiene tres sistemas de agua que proveen agua por gravedad y que están dentro de la aldea.

- **Xenonox**

El caserío Xenonox tiene una población de 804 personas, de las cuales únicamente el 61% tienen conexión domiciliar de agua potable, esta comunidad tiene un sistema de agua por bombeo, el cual es abastecido mediante un nacimiento que se encuentra en una cueva. Este sistema no cuenta con un método de desinfección.

- **Xenimaquin**

La Aldea Xenimaquin tiene una población de 639 personas, de las cuales el 58% tiene acceso a conexión domiciliar con chorro residencial. La comunidad es abastecida por un sistema de agua, alimentada por un nacimiento que transporta el agua por gravedad hasta el tanque de distribución, en donde se aplica un tratamiento de desinfección con tabletas.

- **Panabajal**

La Aldea de Panabajal tiene una población de 5524 personas, de las cuales el 85% tienen acceso a agua potable. Panabajal cuenta con dos sistemas de abastecimiento de agua, uno en un pozo mecánico que abastece a la comunidad por bombeo y que abastece al 65% de la población y un nacimiento ubicado en el astillero municipal de Tecpan que abastece un 25% de la población.

- **Chirijuyu**

La aldea Chirijuyu cuenta con una población de 146 personas, de las cuales solo 32 tienen acceso a agua potable gracias a un nacimiento ubicado en el astillero municipal de Tecpan, Chimaltenango. El cual abastece por gravedad a la comunidad.

- **Comalapa**

La cabecera municipal de Comalapa tiene una población de aproximadamente 20,000 habitantes, el 100% de la población tiene acceso a agua potable mediante cinco sistemas de agua, un nacimiento conducido al tanque por gravedad y cuatro pozos mecánicos que utilizan un sistema de bombeo. Todos los sistemas cuentan con métodos de desinfección por goteo automático de cloro líquido.

2. Bases de datos actualizados

Cuadro 7: Poblaciones con fuente de agua

	<i>Municipio</i>	<i>Población</i>	<i>Categoría</i>	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Descripción</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	Tecpán Guatemala	Paxorotot	Rural	AGUA ESCONDIDA 1	Captación No. 1
	Tecpán Guatemala	Vista Bella, Pamanzana, Panimacoc, Xenimajuyu	Rural	AGUA ESCONDIDA 2	Captación No. 2
	Tecpán Guatemala	Poromá	Urbano	AGUA ESCONDIDA3	Captación No. 3
	Tecpán Guatemala	Panabajal	Aldea	AGUA ESCONDIDA 0	Captación No.4
	Tecpán Guatemala	Xetonox	Caserío	XETONOX	Nacimiento con bombeo
	Tecpán Guatemala	Chuachalí	Rural	CHUACHALI	Nacimiento propio de la comunidad
	Santa Apolonia	Caso Urbano, Santa apolonia	Urbano	SANTA APOLONIA 1 POZO	Sistema Xejul
	Santa Apolonia	Caso Urbano Santa Apolonia	Urbano	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	Nacimiento
	Tecpán Guatemala	Vista Bella, Panimacoc, Pamanzana	Rural	5 COMUNIDADES	Sistema captación para 5 comunidades
	Tecpán Guatemala	San Antonio	Barrío	SAN ANTONIO	Barrío casco urbano San Antonio
	Tecpán Guatemala	Xetzac	Rural	XETZAC	Nacimiento No. 1
	Tecpán Guatemala	Xetzac	Rural	XETZAC 2	Nacimiento No. 2
	Tecpán Guatemala	Cruz de Santiago	Rural	CRUZ DE SANTIAGO	Aldea Cruz de Santiago
	Área de la subcuenca del río Balanyá	Patzicía	Caso urbano, Patzicía	Urbano	SANTA ROSALIA PATZICIA
Patzicía		Casco urbano, Patzicía	Urbano	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	Patzicía
Santa Cruz Balanyá		Casco urbano, Balanyá	Urbano	SANTA CRUZ BALANYA	Las pilas
Santa Cruz Balanyá		Casco urbano, Balanyá	Urbano	SANTA CRUZ BALANYA POZO	La independencia
Santa Cruz Balanyá		Casco urbano, Balanyá	Urbano	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	Patuc
Patzicía		Cerritos Asunción, Paraiso, Parcelas	Rural	CERRITOS PATZICIA	Sistema compartido 3 comunidades
Patzicía		La canoa, Potrerillos	Rural	LA CANOA-POTRERILLOS	Sistema compartido 2 comunidades
Patzicía		Casco urbano, Patzicía	Urbano	CASCO URBANO - PATZICIA	Sistema Pachitup
Patzicía		Caso urbano, Patzicía	Urbano	PATZICIA CASCO URBANO	Sistema Sarahembra

Continuación Cuadro 7					
Municipio	Población	Categoría	Nombre del sistema	Descripción	
Área de la subcuenca del río pixcayá	Comalapa	Panabajal, Comalapa	Rural	PANABAJAL COMALAPA	Panabajal
	Comalapa	Xetonox, Comalapa	Rural	XETONOX COMALAPA	Xetonox
	Comalapa	Paya	Rural	PAYA 1 COMALAPA	Sector 1
	Comalapa	Paya	Rural	PAYA 2 COMALAPA	Sector 2
	Comalapa	Paya	Rural	PAYA 3 COMALAPA	Sector 3
	Comalapa	Xenimaquin	Rural	XENIMAQUIN COMALAPA	Xenimaquin
	Comalapa	Comalapa, Casco urbano	Urbano	NACIMIENTO COMALAPA	San Antonio
	Comalapa	Comalapa, Casco urbano	Urbano	COMALAPA 1	Sist. Comalapa 1
	Comalapa	Comalapa, Casco urbano	Urbano	LAS VICTORIAS COMALAPA	Las victorias
	Comalapa	Comalapa, Casco urbano	Urbano	LA GARITA COMALAPA	La garita
	Comalapa	Comalapa, Casco urbano	Urbano	COMALAPA 2	Sist. Comalapa 2
	Patzicia	El caman, Patzicia	Rural	EL CAMAN PATZICIA	El Caman
	Santa Cruz Balanya	Santa Cruz Balanyá, Casco urbano	Urbano	SANTA CRUZ BALANYA POZO	La Independencia
	Santa Cruz Balanya	Santa Cruz Balanyá Casco Urbano	Urbano	AGUA ESCONDIDA -1	CHIMAZAT
	Tecpan	San Jose Chirijuyu, Chirijuyu, Tecpán Guatemala	Rural	5 COMUNIDADES	2 comunidades
	Tecpan	Pacorral, Tzanabalj	Rural	PACORRAL	2 Comunidades
	Zaragoza	Rincon Grande	Rural	INFINTRACION 2 RINCON GRANDE	Rincon Grande
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbanio	Urbano	POZO ZARAGOZA 1	LO DE CARDENAS
	Zaragoza	Agua dulce, 29 de diciembre, El cuntic	Rural	AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	3 Comunidades, Zaragoza
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbano	Urbano	ZARAGOZA 2	La barranquilla
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbano	Urbano	ZARAGOZA ASERRADERO	El aserradero
	Zaragoza	Zaragoza Casco urbano	Urbano	ZARAGOZA 4	Sistema en el parque central
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbano	Urbano	ZARAGOZA 5	La cascada
	Zaragoza	Puerta abajo	Urbano	PUERTA ABAJO	Puerta abajo
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbano	Urbano	RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	Río Blanco
	Zaragoza	Zaragoza, Casco urbano	Urbano	POZO PACHOJ ZARAGOZA	El perique
Zaragoza	Potreriillos	Rural	POTRERILLOS ZARAGOZA	Las nieves	
Zaragoza	Joya grande	Rural	JOYA GRANDE POZO MECANICO	Joya Grande	

Cuadro 8: Tipos de fuente y métodos de desinfección

	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Tipo de fuente</i>	<i>Desinfección</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	AGUA ESCONDIDA 1	Nacimiento	Clorado
	AGUA ESCONDIDA 2	Nacimiento	Clorado
	AGUA ESCONDIDA3	Nacimiento	Clorado
	AGUA ESCONDIDA 0	Nacimiento	Clorado
	XETONOX	Nacimiento	Pastillas de cloro
	CHUACHALI	Nacimiento	No tiene
	SANTA APOLONIA 1 POZO	Pozo mecánico	Tabletas de cloro
	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	Nacimiento	Tabletas de cloro
	5 COMUNIDADES	Nacimiento	Clorado
	SAN ANTONIO	Nacimiento	Clorado
	XETZAC	Nacimiento	Pastillas de cloro
	XETZAC 2	Nacimiento	Pastillas de cloro
	CRUZ DE SANTIAGO	Nacimiento	Pastillas de cloro
Área de la subcuenca del río Balanva	SANTA ROSALIA PATZICIA	Nacimiento	Tabletas de cloro
	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	Nacimiento	Tabletas de cloro
	SANTA CRUZ BALANYA	Nacimiento	Tabletas de cloro
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	Pozo mecánico	Tabletas de cloro
	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	Nacimiento	Automatica, Gas cloro
	CERRITOS PATZICIA	Pozo mecánico	Tabletas de cloro
	LA CANOA-POTRERILLOS	Pozo mecánico	Tabletas de cloro
	CASCO URBANO - PATZICIA	Nacimiento	No tiene
	PATZICIA CASCO URBANO SARAHEMA	Pozo mecánico	No tiene

Continuación Cuadro 8		
Nombre del sistema	Tipo de fuente	Desinfección
PANABAJAL COMALAPA	Pozo mecánico	Pastillas de cloro
XETONOX COMALAPA	Nacimiento	No tiene
PAYA 1 COMALAPA	Nacimiento	Tabletas de cloro
PAYA 2 COMALAPA	Nacimiento	Tabletas de cloro
PAYA 3 COMALAPA	Desconocido	Desconocido
XENIMAQUIN COMALAPA	Nacimiento	Tabletas de cloro
NACIMIENTO COMALAPA	Nacimiento	Cloro en liquido
COMALAPA 1	Pozo mecánico	Cloro liquido
LAS VICTORIAS COMALAPA	Pozo mecánico	Cloro liquido
LA GARITA COMALAPA	Pozo mecánico	Cloro liquido
COMALAPA 2	Pozo mecánico	Cloro liquido
EL CAMAN PATZICIA	Nacimiento	Tabletas de cloro
SANTA CRUZ BALANYA POZO	Pozo mecánico	Tabletas de cloro
AGUA ESCONDIDA -1	Nacimiento	Clorado
5 COMUNIDADES	Nacimiento	Clorado
PACORRAL	Desconocido	No tiene
INFINTRACION 2 RINCON GRANDE	Desconocido	Desconocido
POZO ZARAGOZA 1	Pozo mecánico	Pastillas de cloro
AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	Pozo mecánico	Pastillas de cloro
ZARAGOZA 2	Nacimiento	Cloro inyectado automatico
ZARAGOZA ASERRADERO	Pozo mecánico	Cloro inyectado automatico
ZARAGOZA 4	Pozo mecánico	Cloro inyectado automatico
ZARAGOZA 5	Pozo mecánico	Cloro inyectado automatico
PUERTA ABAJO	Pozo mecánico	Pastillas de cloro
RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	Nacimiento	Clorado
POZO PACHOJ ZARAGOZA	Pozo mecánico	Clorado
POTRERILLOS ZARAGOZA	Nacimiento	Clorado
JOYA GRANDE POZO MECANICO	Pozo mecánico	No tiene

Área de la subcuenca del río pixcayá

Cuadro 9: Ubicacion y acceso a los sistemas de fuentes de agua

	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Acceso</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	AGUA ESCONDIDA 1	Astillero Municipal	Vereda
	AGUA ESCONDIDA 2	Astillero municipal	Vereda
	AGUA ESCONDIDA3	Astillero Municipal	Vereda
	AGUA ESCONDIDA 0	Astillero Municipal	Vereda
	XETONOX	Xetonox	Vereda
	CHUACHALI	Comunidad Chuachalí	Terracería
	SANTA APOLONIA 1 POZO	Xejul	Adoquín y terracería
	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	Astillero	Vereda
	5 COMUNIDADES	Astillero Municipal, El croner	Vereda
	SAN ANTONIO	Finca San Francisco	Terracería, Finca privada
	XETZAC	Ingreso Chuachalí	Vereda
	XETZAC 2	Cercano a Xetzac 1	Vereda
	CRUZ DE SANTIAGO	La colina	Vereda
Área de la subcuenca del río Balanyá	SANTA ROSALIA PATZICIA	Santa Rosalia	Vereda
	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	Casco urbano	Vereda
	SANTA CRUZ BALANYA	Caman	Ingreso Vehicular, 2 min Vereda
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	La independencia	Adoquín
	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	Patuc	Vereda
	CERRITOS PATZICIA	Cerritos Asunción	Terracería
	LA CANOA-POTRERILLOS	La canoa	Pavimento
	CASCO URBANO - PATZICIA	Pachitup	Vereda
	PATZICIA CASCO URBANO SARAHEMA	Km. 70	Vehicular, Km. 70 interamericana

Continuación Cuadro 9		
Nombre del sistema	Ubicación	Acceso
PANABAJAL COMALAPA	Panabajal	Terracería
XETONOX COMALAPA	Xetonox	2 minutos caminando en Vereda
PAYA 1 COMALAPA	Camino hacia paya	Terracería (NO RECOMENDADA)
PAYA 2 COMALAPA	Camino hacia Paya	Terracería (NO RECOMENDADA)
PAYA 3 COMALAPA	COORDENADAS DE INGRESO	DERRUMBES NO HAY ACCESO
XENIMAQUIN COMALAPA	Enfrente de la iglesia	Terracería
NACIMIENTO COMALAPA	Paya	Terracería
COMALAPA 1	Casco urbano Comalapa	Adoquín
LAS VICTORIAS COMALAPA	Casco urbano, Comalapa	Adoquín
LA GARITA COMALAPA	Casco urbano, Comalapa	Adoquín
COMALAPA 2	Casco urbano, Comalapa	Adoquín
EL CAMAN PATZICIA	EI CAMAN	Terracería y Vereda
SANTA CRUZ BALANYA POZO	Casco Urbano, Santa Cruz Balanyá	Adoquín
AGUA ESCONDIDA -1	Astillero municipal Tecpán	Vereda
5 COMUNIDADES	El croner, Astillero municipal	Vereda
PACORRAL	Astillero municipal Tecpán	Vereda
JOYA GRANDE	Xecampana	Vereda
RINCON GRANDE ZARAGOZA	Chipozo	Vereda
INFINTRACION 2 RINCON GRANDE		Vereda
POZO ZARAGOZA 1	Tanque Manuel Cardenas	Terracería
AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	Carretera internacional, Agua dulce	Carretera principal
ZARAGOZA 2	La Barranquilla	Vereda
ZARAGOZA ASERRADERO	El aserradero	Pavimento
ZARAGOZA 4	Parque central Zaragoza	Adoquin
ZARAGOZA 5	Lotificación la cascada	Pavimento
PUERTA ABAJO	Aldea Puerta abajo	Pavimento
RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	Barranco	Vereda
POZO PACHOJ ZARAGOZA	Carretera internacional	Carretera
POTRERILLOS ZARAGOZA	Potreriillos	Vereda
JOYA GRANDE POZO MECANICO	Joya grande	Pavimentado

Área de la subcuena del río pixcayá

Cuadro 10: Características de obra civil

	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Conducción</i>	<i>Tipo de conducción</i>	<i>Características obra civil</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	AGUA ESCONDIDA 1	MIXTO	Gravedad	Presa de captación
	AGUA ESCONDIDA 2	MIXTO	Gravedad	Caja de concreto
	AGUA ESCONDIDA3	MIXTO	Gravedad	Presa de captación
	AGUA ESCONDIDA 0	MIXTO	Gravedad	Caja de concreto
	XETONOX	MIXTO	Bombeo	Canal de concreto, hacia la captación
	CHUACHALI	NO TIENE	Acarreo de agua	Zanaja natural
	SANTA APOLONIA 1 POZO	MIXTO	MIXTO	Pozo, Bloques de concreto
	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	MIXTO	MIXTO	Captación de concreto
	5 COMUNIDADES	MIXTO	Gravedad	Captación, Obras de arte
	SAN ANTONIO	MIXTO	Bombeo	Captación, Zanjones
	XETZAC	MIXTO	Gravedad	Caja de concreto, Pasos aereos
	XETZAC 2	MIXTO	Gravedad	Caja de concreto
	CRUZ DE SANTIAGO	PVC	Gravedad	Caja de concreto
Área de la subcuenca del río Balanyá	SANTA ROSALIA PATZICIA	MIXTO	Bombeo	Sist. Captación de concreto
	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	MIXTO	Bombeo	Muro de concreto
	SANTA CRUZ BALANYA	MIXTO	MIXTO	Captación de concreto
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	PVC	Bombeo	Construcción de block, Pozo
	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	MIXTO	Bombeo	Zanjones, Captación de concreto (Enterrada), Construcción a la orilla de talúd
	CERRITOS PATZICIA	PVC	Bombeo	Pozo, Vigas de concreto
	LA CANOA-POTRERILLOS	PVC	Bombeo	Plancha de concreto, CAJA
	CASCO URBANO - PATZICIA	PVC	Bombeo	Captación de concreto
	PATZICIA CASCO URBANO SARAHEMA	PVC	Bombeo	Pozo

Continuación Cuadro 10			
Nombre del sistema	Conducción	Tipo de conducción	Obra civil
PANABAJAL COMALAPA	Bombeo	MIXTO	Caja de concreto
XETONOX COMALAPA	Bombeo	PVC	Construcción por debajo de talúd
PAYA 1 COMALAPA	Gravedad	PVC	Caja de concreto
PAYA 2 COMALAPA	Gravedad	PVC	Pozo de concreto
PAYA 3 COMALAPA	Desconocido	Desconocido	Pozo mecánico
XENIMAQUIN COMALAPA	Gravedad	PVC	Captación de concreto
NACIMIENTO COMALAPA	Gravedad	PVC	Pozo mecánico
COMALAPA 1	Bombeo	PVC	Pozo instalado en el parque central
LAS VICTORIAS COMALAPA	Bombeo	PVC	Pozo mecánico
LA GARITA COMALAPA	Bombeo	MIXTO	Pozo mecánico
COMALAPA 2	Bombeo	MIXTO	Captación de concreto, Estructura de vigas y columnas
EL CAMAN PATZICIA	Bombeo	MIXTO	Zanjones, Pasos aereos
SANTA CRUZ BALANYA POZO	Bombeo	PVC	Presa de concreto
AGUA ESCONDIDA -1	Gravedad	MIXTO	Pozo de 1200ft profundidad
5 COMUNIDADES	Gravedad	MIXTO	Captación de concreto
PACORRAL	Gravedad	PVC	Caja de lámina, plancha de concreto
JOYA GRANDE	Gravedad	MIXTO	Nacimiento en cueva de río, Bomba en bodega de mampostería
RINCON GRANDE ZARAGOZA	Bombeo	PVC	Captación de concreto, cajas de concreto
INFINTRACION 2 RINCON GRANDE	Desconocido	Desconocido	Captación de concreto, cajas de concreto
POZO ZARAGOZA 1	Bombeo	MIXTO	Pozo mecánico
AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	Bombeo	Galvanizado 4"	Caja de concreto, Captación de concreto
ZARAGOZA 2	Bombeo	PVC	Presa de captación
ZARAGOZA ASERRADERO	Bombeo	PVC	Pozo
ZARAGOZA 4	Bombeo	PVC	Pozo dentro de bodega de mampostería
ZARAGOZA 5	Bombeo	PVC	Pozo dentro de bogeda de mampostería
PUERTA ABAJO	Bombeo	PVC	Pozo dentro de bodega de mampostería
RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	Bombeo	PVC	Construcción de mampostería, Pozo
POZO PACHOJ ZARAGOZA	Bombeo	Galvanizado	Pozo mecánico
POTRERILLOS ZARAGOZA	Bombeo	PVC	Caja de concreto
JOYA GRANDE POZO MECANICO	Bombeo	PVC	Captación de concreto

Área de la subcuenca del río pixcayá

Cuadro 11: Información de ubicación geográfica

	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Elevación (m)</i>	<i>Coordenadas geográficas</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	AGUA ESCONDIDA 1	2645	(-91.011 , 14.806)
	AGUA ESCONDIDA 2	2650	(-91.012 , 14.803)
	AGUA ESCONDIDA3	2631	(-91.012 , 14.801)
	AGUA ESCONDIDA 0	2592	(-91.011 , 14.809)
	XETONOX	2331	(-90.946 , 14.771)
	CHUACHALI	2517	(-90.989 , 14.794)
	SANTA APOLONIA 1 POZO	2311	(-90.976 , 14.787)
	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	2547	(-91.013 , 14.816)
	5 COMUNIDADES	2654	(-91.015 , 14.808)
	SAN ANTONIO	2427	(-90.997 , 14.818)
	XETZAC	2590	(-91.000 , 14.789)
	XETZAC 2	2605	(-90.996 , 14.790)
CRUZ DE SANTIAGO	2591	(-91.015 , 14.772)	
Área de la subcuenca del río Balanyá	SANTA ROSALIA PATZICIA	1957	(-90.949 , 14.643)
	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	2070	(-90.929 , 14.663)
	SANTA CRUZ BALANYA	2126	(-90.945 , 14.685)
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	2092	(-90.922 , 14.682)
	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	2075	(-90.926 , 14.664)
	CERRITOS PATZICIA	2218	(-90.965 , 14.688)
	LA CANOA-POTRERILLOS	2168	(-90.968 , 14.669)
	CASCO URBANO - PATZICIA	2063	(-90.943 , 14.639)
	PATZICIA CASCO URBANO SARAHEMA	2122	(-90.927 , 14.639)

Continuación Cuadro 11			
	Nombre del sistema	Elevación (m)	Coordenada geográfica
Área de la subcuenca del río pixcayá	PANABAJAL COMALAPA	2195	(-90.937 , 14.743)
	XETONOX COMALAPA	2183	(-90.934 , 14.756)
	PAYA 1 COMALAPA	2195	(-90.907 , 14.769)
	PAYA 2 COMALAPA	2204	(-90.908 , 14.772)
	PAYA 3 COMALAPA	2228	(-90.921 , 14.775)
	XENIMAQUIN COMALAPA	2221	(-90.922 , 14.774)
	NACIMIENTO COMALAPA	2231	(-90.923 , 14.774)
	COMALAPA 1	2107	(-90.886 , 14.745)
	LAS VICTORIAS COMALAPA	2133	(-90.879 , 14.738)
	LA GARITA COMALAPA	2127	(-90.886 , 14.733)
	COMALAPA 2	2103	(-90.879 , 14.728)
	EL CAMAN PATZICIA	2130	(-90.945 , 14.685)
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	2092	(-90.922 , 14.682)
	AGUA ESCONDIDA -1	2585	(-91.011 , 14.809)
	5 COMUNIDADES	2654	(-91.015 , 14.808)
	PACORRAL	2244	(-90.945 , 14.727)
	JOYA GRANDE	2131	(-90.914 , 14.637)
	RINCON GRANDE ZARAGOZA	1988	(-90.896 , 14.680)
	INFINTRACION 2 RINCON GRANDE	2046	(-90.894 , 14.682)
	POZO ZARAGOZA 1	2152	(-90.893 , 14.640)
	AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	2093	(-90.883 , 14.639)
	ZARAGOZA 2	2064	(-90.885 , 14.642)
	ZARAGOZA ASERRADERO	2127	(-90.889 , 14.641)
	ZARAGOZA 4	2078	(-90.891 , 14.650)
	ZARAGOZA 5	2064	(-90.881 , 14.654)
	PUERTA ABAJO	1988	(-90.871 , 14.660)
RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	2036	(-90.889 , 14.657)	
POZO PACHOJ ZARAGOZA	2058	(-90.898 , 14.645)	
POTRERILLOS ZARAGOZA	2030	(-90.905 , 14.660)	
JOYA GRANDE POZO MECANICO	2054	(-90.886 , 14.669)	

Cuadro 12: Observaciones de los sistemas de fuentes de agua

	<i>Nombre del sistema</i>	<i>Caudal (L/s)</i>	<i>Observación</i>	<i>Fecha de inspección</i>
Área de la subcuenca del río Xayá	AGUA ESCONDIDA 1	-	Se encuentra en la vereda del astillero municipal	11/08/2016
	AGUA ESCONDIDA 2	1.20	Sistema compartido de 4 comunidades	11/08/2016
	AGUA ESCONDIDA3	1.20	Se encuentra en la vereda del astillero municipal	11/082016
	AGUA ESCONDIDA 0	2.19	Se encuentra en la vereda del astillero municipal	10/08/2016
	XETONOX	3.59	Se encuentra en la vereda del astillero municipal	04/08/2016
	CHUACHALI	-	Acarreo de agua, nacimiento propio sin conducción	04/08/2016
	SANTA APOLONIA 1 POZO	23.64	El caudal es unificado	07/09/2016
	SANTA APOLONIA 2 NACIMIENTO	23.64	El caudal es unificado	07/09/2016
	5 COMUNIDADES	1.48	Sistema compartido de 3 comunidades	10/08/2016
	SAN ANTONIO	18.00	Finca privada	10/08/2016
	XETZAC	1.50	Primer nacimiento	12/08/2016
	XETZAC 2	1.50	Segundo nacimiento	12/08/2016
	CRUZ DE SANTIAGO	7.00	Difícil acceso	11/08/2016
Área de la subcuenca del río Balanyá	SANTA ROSALIA PATZICIA	7.00		07/09/2016
	BALANYA CASCO URBANO PATZICIA	5.00		07/09/2016
	SANTA CRUZ BALANYA	13.00	Se ingresa con Vehículo, 2 minutos caminando	10/09/2016
	SANTA CRUZ BALANYA POZO	5.00		10/09/2016
	SANTA CRUZ BALANYA URBANO	9.00		10/09/2016
	CERRITOS PATZICIA	-	No sé tiene información sobre el caudal	08/09/2016
	LA CANOA-POTRERILLOS	-	No sé tiene información sobre el caudal	09/09/2016
	CASCO URBANO - PATZICIA	-		07/09/2016
	PATZICIA CASCO URBANO SARAHEMA	-	No sé tiene información sobre el caudal	07/09/2016

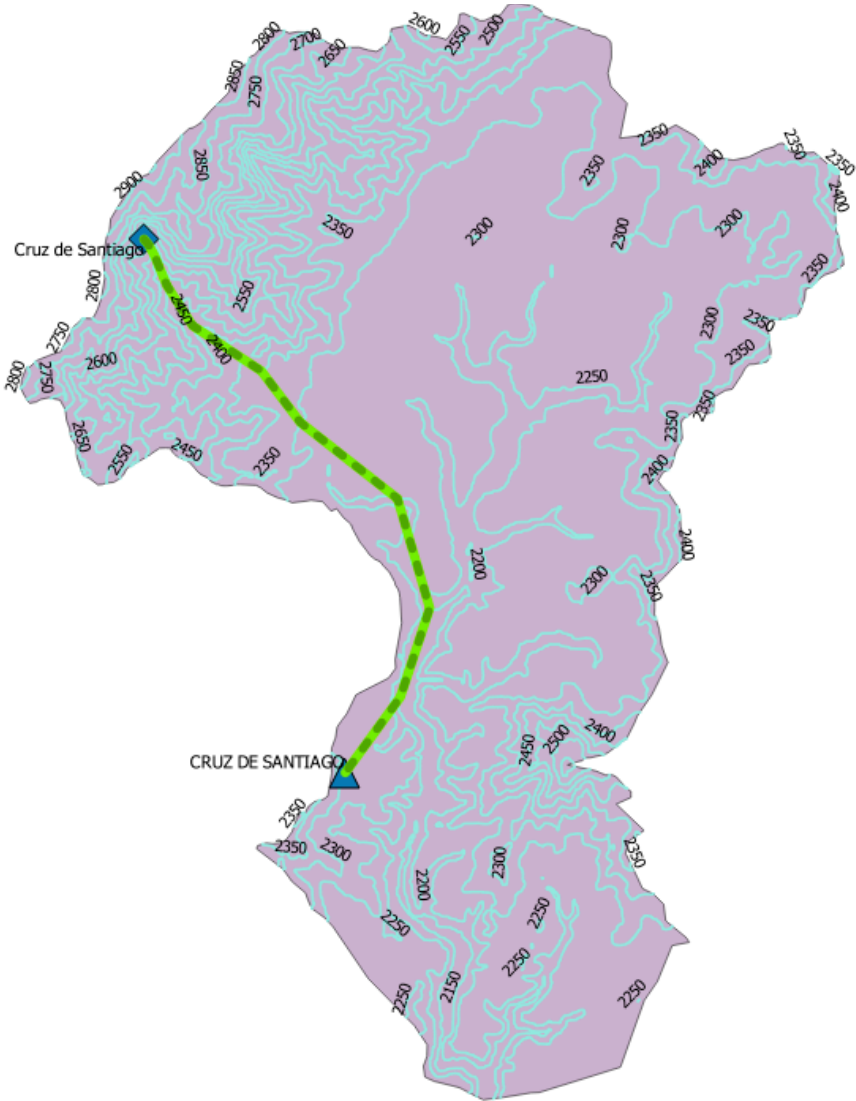
Continuación Cuadro 12		
Nombre del sistema	Caudal (L/s)	Fecha de inspección
PANABAJAL COMALAPA	Sin información	31/08/2016
XETONOX COMALAPA	Sin información	31/08/2016
PAYA 1 COMALAPA	Sin información	31/08/2016
PAYA 2 COMALAPA	Sin información	29/08/2016
PAYA 3 COMALAPA	Sin información	29/08/2016
XENIMAQUIN COMALAPA	Sin información	29/08/2016
NACIMIENTO COMALAPA	Sin información	29/08/2016
COMALAPA 1	Sin información	29/08/2016
LAS VICTORIAS COMALAPA	Sin información	30/08/2016
LA GARITA COMALAPA	Sin información	30/08/2016
COMALAPA 2	Sin información	30/08/2016
EL CAMAN PATZICIA	Sin información	30/08/2016
SANTA CRUZ BALANYA POZO	5.00	30/08/2016
AGUA ESCONDIDA -1	12.64	30/08/2016
5 COMUNIDADES	3.58	10/08/2016
PACORRAL	1.00	08/09/2016
JOYA GRANDE	2.36	08/09/2016
RINCON GRANDE ZARAGOZA	2.58	08/09/2016
INFINTRACION 2 RINCON GRANDE	Sin información	08/09/2016
POZO ZARAGOZA 1	11.03	08/09/2016
AGUA DULCE 29 DIC CUNIC	6.50	08/09/2016
ZARAGOZA 2	7.50	08/09/2016
ZARAGOZA ASERRADERO	8.40	08/09/2016
ZARAGOZA 4	Sin información	08/09/2016
ZARAGOZA 5	4.00	08/09/2016
PUERTA ABAJO	2.84	08/09/2016
RÍO BLANCO ENTRO ZARAGOZA	Sin información	07/09/2016
POZO PACHOJ ZARAGOZA	9.46	03/09/2016
POTRERILLOS ZARAGOZA	5.00	03/09/2016
JOYA GRANDE POZO MECANICO	Sin información	07/09/2016

Área de la subcuenca del río pixcayá

3. Potencial hidroeléctrico de algunas fuentes de agua

a. **Sistema de fuente – Cruz de Santiago.** Para estimar el potencial hidroeléctrico del sistema de fuente de agua hacia la aldea Cruz de Santiago; se observó la coordenada del sistema de agua con una altura de 2,591 metros sobre el nivel del mar y la coordenada del poblado tiene una altura de 2,268 metros sobre el nivel del mar, al conocer la diferencia de altura entre el sistema de fuente de agua y el poblado, se propuso la línea de conducción tomando como criterio la topografía del terreno de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá a través de la herramienta QGIS

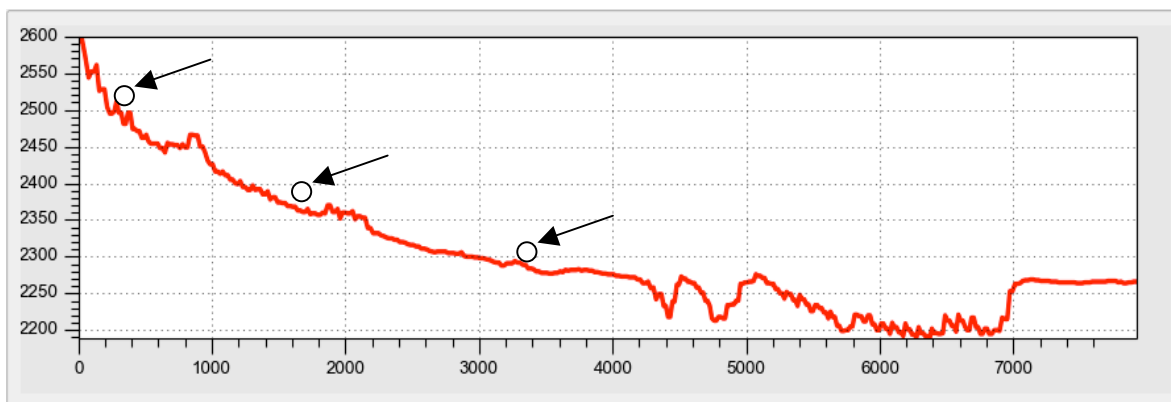
Ilustración 59: Línea de conducción aldea Cruz Santiago



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se elaboró un perfil topográfico en el que se observaran las caídas óptimas para generar energía hidráulica a través de la línea de conducción, sustituyendo la obra conocida como “caja rompe presión” que es utilizada para reducir la presión creada por la caída de agua en la conducción por una turbina que, además de reducir la presión, genera energía hidráulica.

Ilustración60: Perfil topográfico línea de conducción aldea Cruz de Santiago



Fuente: Elaboración propia

A través de las visitas de campo realizadas se obtuvo información del diámetro de tubería actual en la línea de conducción existente de 6" de material PVC, asumiendo que resiste una presión de 160 PSI "112.49 m.c.a" por lo que es necesario reducir la presión a una diferencia de altura de 112 metros; Se propone colocar tres turbinas sustituyendo las cajas rompe presión cada desnivel de 100 metros.

Cuadro 13: Coordenadas de turbinas

Descripción	Coordenadas (X,Y)
Turbina No. 1	(388.12 , 2491.00)
Turbina No. 2	(1374.51 , 2391.00)
Turbina No. 3	(3041.61, 2291.00)

Fuente: Elaboración propia

El potencial hidroeléctrico en las turbinas se consideró de la siguiente manera:

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m^3
Diferencia de altura (ΔH)	100	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.007	m^3/s

$$Potencial = \gamma Q \Delta H \eta$$

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.007 \frac{m^3}{s}\right) * (100m) * (0.75)$$

$$Potencial = 5.15 kW = 6.90 hp$$

Con base en la estimación del potencial hidroeléctrica en la línea de conducción se podría generar 20.71 hp de potencia con la colocación de las turbinas sustituyendo las cajas rompe presión.

- **Comprobación de propuesta (Pérdidas)**

La última turbina parte de una altura de 2,291 metros, el caudal debe llegar a una altura de 2,268 metros, por lo que existe una diferencia de altura de 23 metros.

Diferencia de altura (ΔH)	23.00	M
Diametro de la tubería (ϕ)	6.00	In
Rugosidad del material (C)	150.00	
Distancia (L)	4863.00	M
Caudal (Q)	7.00	L/s

Con la ecuación de pérdidas de Hazen-Williams se demostrará que el caudal es capaz de llegar al tanque de distribución de la aldea Cruz de Santiago

$$hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * \phi^{4.971}} * 1.05$$

$$hf = \frac{1743.811 * 4863.00 m * 7L/s^{1.852}}{150^{1.852} * 6^{4.971}} * 1.05$$

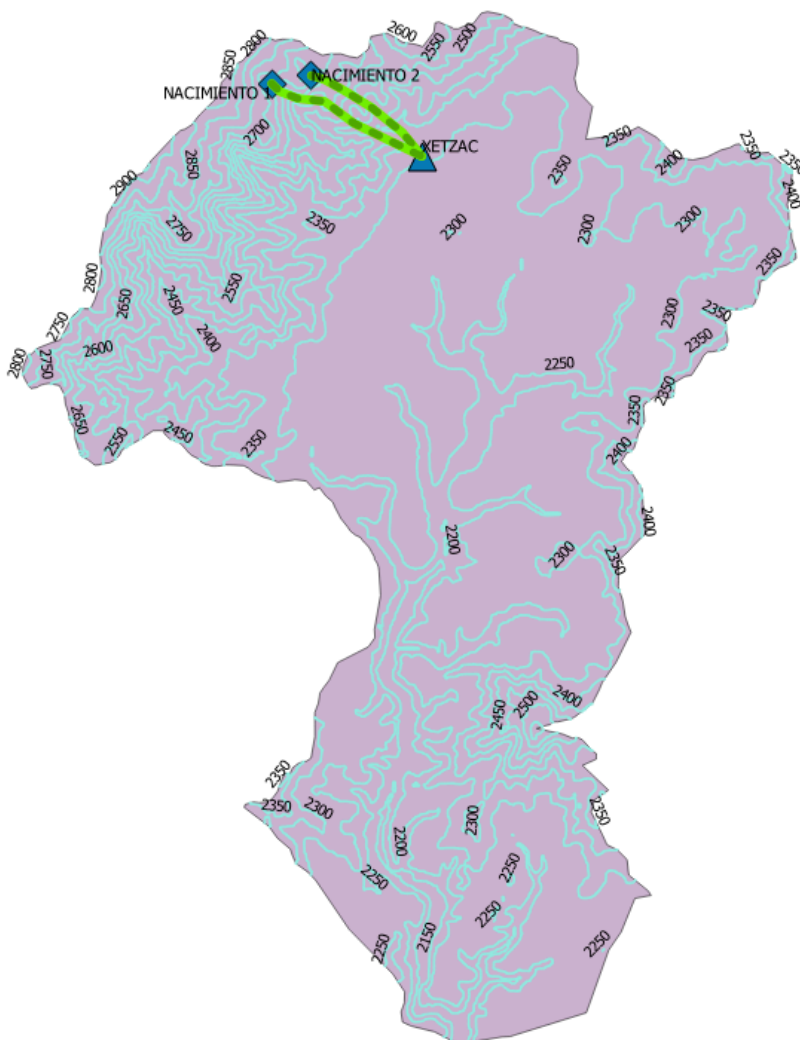
$$hf = 4.95 \text{ metros}$$

Con base al resultado de pérdida, el caudal de agua partiendo de la tercera turbina tiene la capacidad de llegar al tanque de distribución

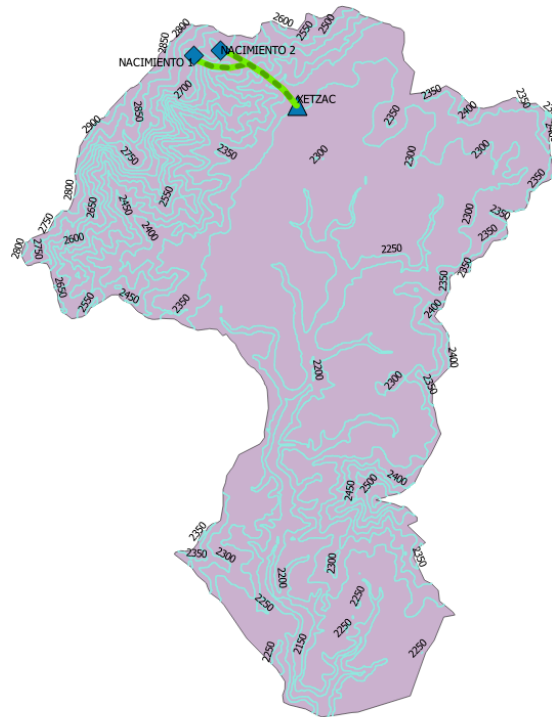
b. **Sistema de fuente – Aldea Xetzac.** Para estimar el potencial hidroeléctrico del sistema de fuente de agua hacia la aldea Xetzac se conoce que la aldea cuenta con dos sistemas de fuente de agua; se observó la coordenada del sistema de fuente de agua número uno con una altura de 2,590 metros sobre el nivel del mar, el sistema de fuente de agua numero dos con una altura de 2,605 metros sobre el nivel del mar y la coordenada del poblado tiene una altura de 2,305 metros sobre el nivel del mar, al conocer la diferencia de altura entre el sistema de fuente de agua y el poblado.

Se propuso dos opciones de línea de conducción tomando como criterio la topografía del terreno de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá a través de la herramienta QGIS; la primera opción son dos líneas de conducción de caudales independientes y la segunda opción es una línea de conducción donde se unen los caudales de los dos nacimientos.

Ilustración 61: Línea de conducción opción 1



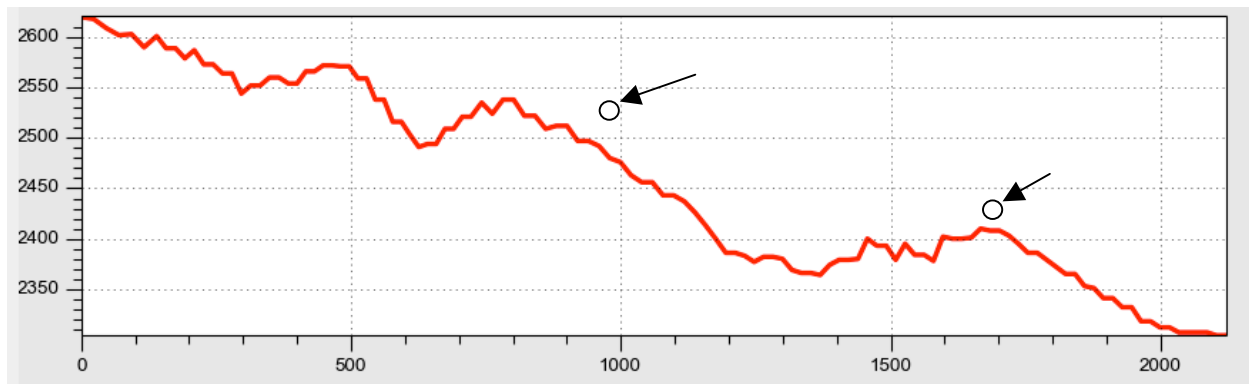
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 62: Línea de conducción opción 2

Fuente: Elaboración propia

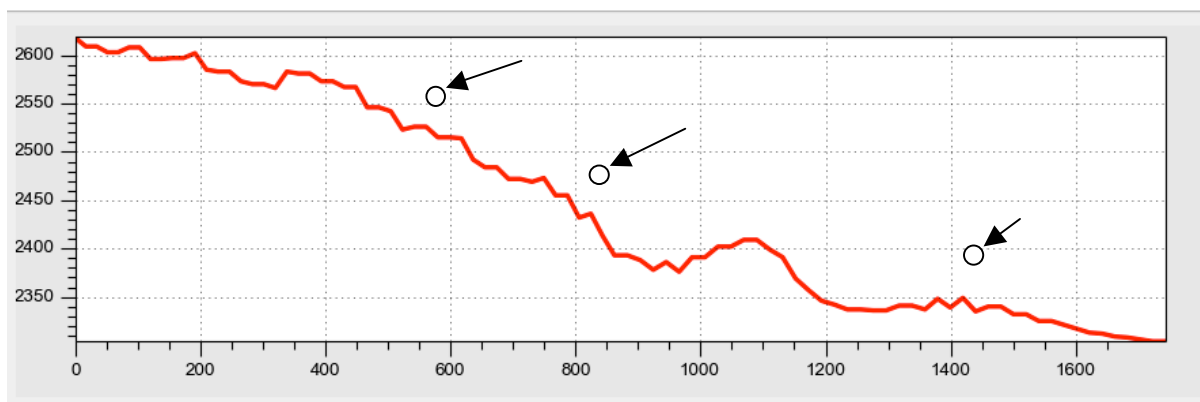
Se elaboró el perfil topográfico de las dos opciones de conducción en el que se observaran las caídas óptimas para generar energía hidráulica a través de la línea de conducción, sustituyendo la obra de arte conocida como “caja rompe presión” que es utilizada para reducir la presión creada por la caída de agua en la conducción por una turbina que, además de reducir la presión genere energía hidráulica

- **Propuesta No. 1**

Ilustración 63: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 1

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 64: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 2



Fuente: Elaboración propia

A través de las visitas de campo realizadas se obtuvo información del diámetro de tubería actual en la línea de conducción existente de 2" de material PVC que asumiendo que resiste una presión de 160 PSI "112.49 m.c.a" por lo que es necesario reducir la presión a una diferencia de altura de 112 metros. Se propone colocar dos turbinas sustituyendo las cajas rompe presión cada desnivel de 100 metros en la línea de conducción de perfil topográfico del nacimiento uno.

Cuadro 14: Coordenadas turbinas nacimiento uno

Descripción	Coordenadas (X,Y)
Turbina No. 1	(928.11 , 2490.00)
Turbina No. 2	(840.76 , 2385.00)

Fuente: Elaboración propia

Potencial hidroeléctrico turbinas

Propuesta línea de conducción nacimiento 1

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	100	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.0015	m ³ /s

$$Potencial = \gamma Q \Delta H \eta$$

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0015 \frac{m^3}{s}\right) * (100m) * (0.75)$$

$$Potencial = 1.10 \text{ kW} = 1.48 \text{ hp}$$

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	105	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.0015	m ³ /s

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0015 \frac{m^3}{s}\right) * (105m) * (0.75) = 1.15 kW = 1.55 hp$$

En base a la estimación del potencial hidroeléctrica en la línea de conducción se podría generar 3.03 hp de potencia con la colocación de las dos turbinas en la línea de conducción propuesta del nacimiento uno; sustituyendo las cajas rompe presión.

Propuesta línea de conducción nacimiento dos

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	100	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.0015	m ³ /s

$$Potencial = \gamma Q \Delta H \eta$$

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0015 \frac{m^3}{s}\right) * (100m) * (0.75) = 1.10 kW = 1.48 hp$$

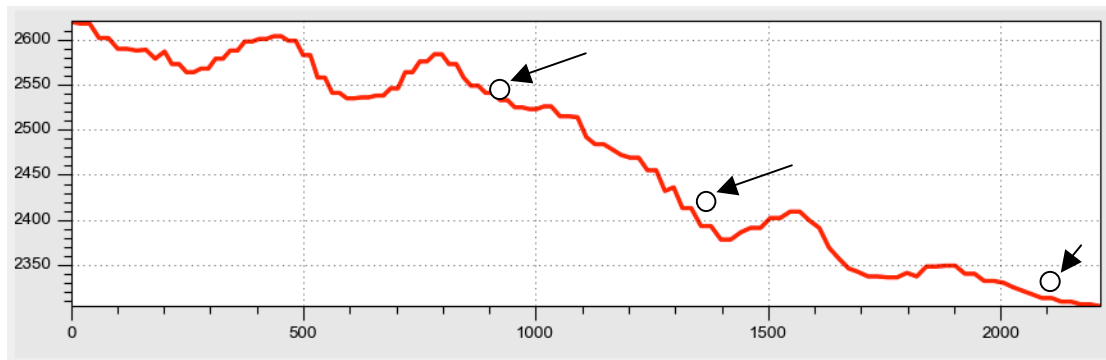
Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	90	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.0015	m ³ /s

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0015 \frac{m^3}{s}\right) * (100m) * (0.75) = 0.99 kW = 1.34 hp$$

En base a la estimación del potencial hidroeléctrica en la línea de conducción se podría generar 4.29 hp de potencia con la colocación de las dos turbinas en la línea de conducción propuesta del nacimiento dos; sustituyendo las cajas rompe presión. Por lo que la propuesta No. 1, tiene la capacidad de potencial de 7.32 hp

- **Propuesta No. 2**

Ilustración65: Perfil topográfico de la línea de conducción nacimiento 1 y 2



Fuente: Elaboración propia

Se propone colocar tres turbinas sustituyendo una caja unificadora de caudales por la turbina No. 1 siendo esta la cota donde se une la línea de conducción propuesta, luego se sustituirá las cajas rompe presión por la turbina No. 2 y No. 3 a un desnivel de 100 metros en la línea de conducción propuesta.

Cuadro 15: Coordenadas de turbina nacimiento dos

Descripción	Coordenadas (X,Y)
Turbina No. 1	(946.47 , 2525.00)
Turbina No. 2	(1293.8 , 2425.00)
Turbina No. 3	(2013.27, 2325.00)

Fuente: Elaboración propia

- **Potencial hidroeléctrico turbinas**

La línea de conducción propuesta llega a la primera turbina con una caída de 80 metros, Cada nacimiento brinda 1.5L/s de caudal, estos se unen en la cota (946.47 , 2525.00); donde se coloca la primera turbina.

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	80	m
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.003	m ³ /s

$$Potencial = \gamma Q \Delta H \eta = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0030 \frac{m^3}{s}\right) * (80m) * (0.75) = 1.76 \text{ kW} = 2.36 \text{ hp}$$

Peso específico del agua (γ)	9810	N/m ³
Diferencia de altura (ΔH)	100	M
Eficiencia turbina (η)	0.75	
Caudal (Q)	0.003	m ³ /s

$$Potencial = \left(9810 \frac{N}{m^3}\right) * \left(0.0030 \frac{m^3}{s}\right) * (100m) * (0.75) = 2.20 kW = 2.95hp$$

En base a la estimación del potencial hidroeléctrica en la línea de conducción se podría generar 8.26 hp de potencia con la colocación de las tres turbinas en la línea de conducción de la propuesta No. 2, siendo esta la más óptima.

C. Recarga hídrica

1. Descripción y análisis de las variables en la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica

a. **Pendiente.** Las pendientes planas o llanas permiten que el agua precipitada permanezca más tiempo sobre la superficie del suelo, por lo contrario, las pendientes pronunciadas o escarpadas, facilitan el paso de la escorrentía sobre el suelo; por lo que reduce la cantidad de agua que podría llegar a ser infiltrada.

Cuadro 16: Distribución de la pendiente según rango, dentro del área de influencia

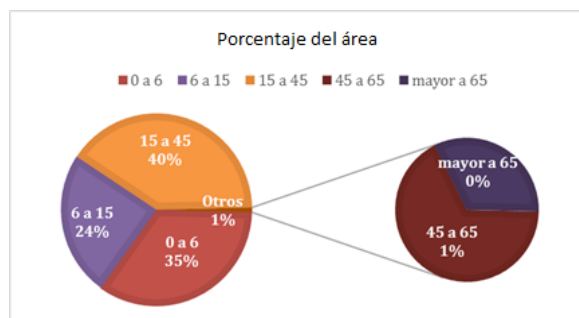
ID	Porcentaje de pendiente		Porcentaje promedio de pendiente	Área Km ²	Porcentaje del Área	Ponderación	Valor= Ponderación * Coeficiente
1	0	6	2.9	73.41	34.52%	5	1.35
2	6.00	15.00	10.5	51.86	24.39%	4	1.08
3	15.00	45.00	26.7	85.75	40.32%	3	0.81
4	45.00	65.00	48.2	1.12	0.53%	2	0.54
5	>	65.00	88.4	0.55	0.26%	1	0.27
			Total=	212.69			

Fuente: Elaboración propia

El análisis de pendientes muestra una pendiente máxima de 38% la cual predominan en las partes más altas de las subcuencas. Se puede observar una pendiente aparente

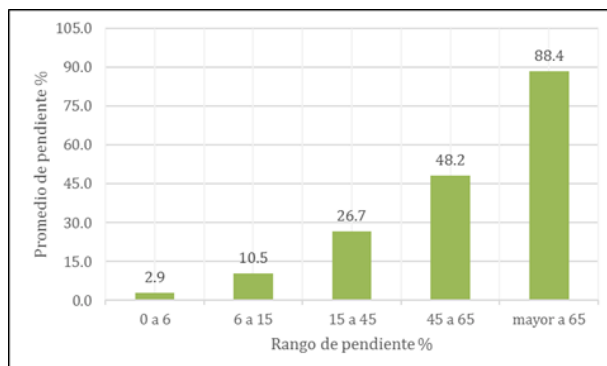
máxima 88.4% la cual representa únicamente el 0.26% del área total, esto se debe a que dichas pendientes solo están ubicadas en el perímetro del área de influencia debido al corte pronunciado de las curvas de nivel en el parte aguas. De igual manera solo el 0.53% del área está dentro del rango de pendiente del 45 a 65%, es la otra porción de área ubicada en el perímetro del área de influencia. Estos dos parámetros no son representativos dentro en el análisis de pendiente.

Gráfica 8: Porcentaje de pendiente dentro del área



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 9: Pendiente promedio según rango establecido

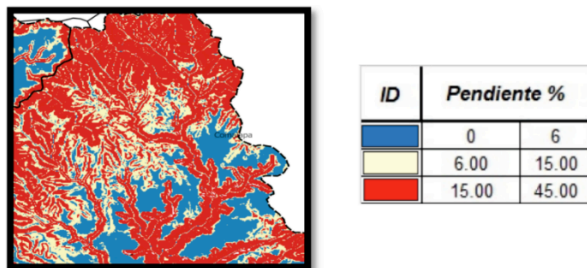


Fuente: Elaboración propia

Se observa que la pendiente media dentro del rango (0 -6) es del 2.9% lo que indica un relieve relativamente plano donde la velocidad de escorrentía es baja. Dichas áreas se ubican en la parte baja de cuenca en donde se encuentra relativamente lejanas al paso de los ríos. Se asignó la ponderación más alta de tabla debido a que las características que proporciona a la recarga son buenas. Mientras que para el rango medio (6-15%) la pendiente promedio fue del 10.5%, lo que representa el promedio del rango, considerando las partes onduladas del área, la cual es la segunda mejor pondera dentro de la tabla. Finalmente, la pendiente media del rango más alto considerado en el estudio (15-45%) fue de 26.7%. Dichas áreas se encuentran ubicada sobre barrancos, y montañas donde predomina el bosque, a su vez se puede observar la cercanía y la misma ubicación donde atraviesan los ríos.

La pendiente promedio en el área total de estudio es del 13.4%, lo que demuestra un relieve ondulado donde predomina las colinas, dicha característica tiende a describir una escorrentía superficial modernamente rápida, lo que en las partes altas reduce el tiempo que permanece el agua sobre la superficie, mientras que aumenta el tiempo de permanencia en los valles lejos de los ríos.

Ilustración 66: Distribución de pendientes según rango establecido



Fuente: Elaboración propia

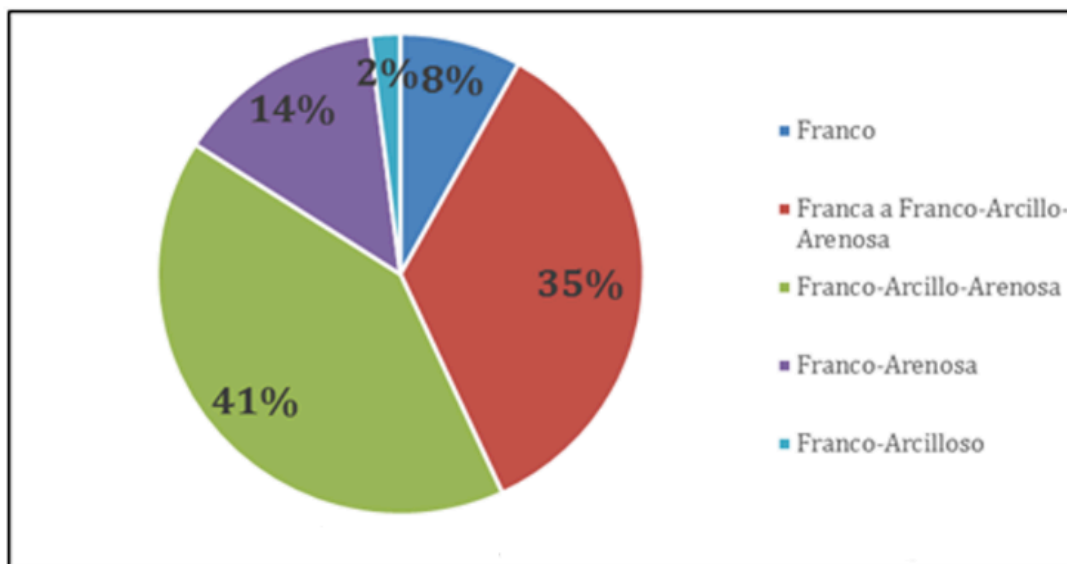
b. Tipo de suelo. Una vez realizado el análisis vectorial del Mapa de clasificación de suelos-MAGA-, se identificaron los tipos de textura dentro del área de influencia. De esto se derivan los resultados presentados en el Cuadro 17. Fueron identificados cinco tipos diferentes de textura.

Cuadro 17: Resumen de los tipos de textura del suelo (área de estudio)

Municipio	Materia orgánica	Textura superior	Área Km ²	Ponderación
Santa Apolonia	Ceniza Volcánica	Franco	17.15	4
Apolonia, Patzicia, Comalapa, Zaragoza, Tecpan	Ceniza Volcánica Pomácea	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	74.58	3
Comalapa, Tecpán, Apolonia, Balanyá, Patzicia	Ceniza Volcánica	Franco-Arcillo-Arenosa	87.06	2
Patzicia, Iztapa, Tecpán	Ceniza Volcánica Pomácea	Franco-Arenosa	29.62	3.5
Apolonia, Tecpán	Ceniza Volcánica o Roca	Franco-Turboso (Arcilloso)	4.27	2
		Total=	212.68	

Fuente: Elaboración propia

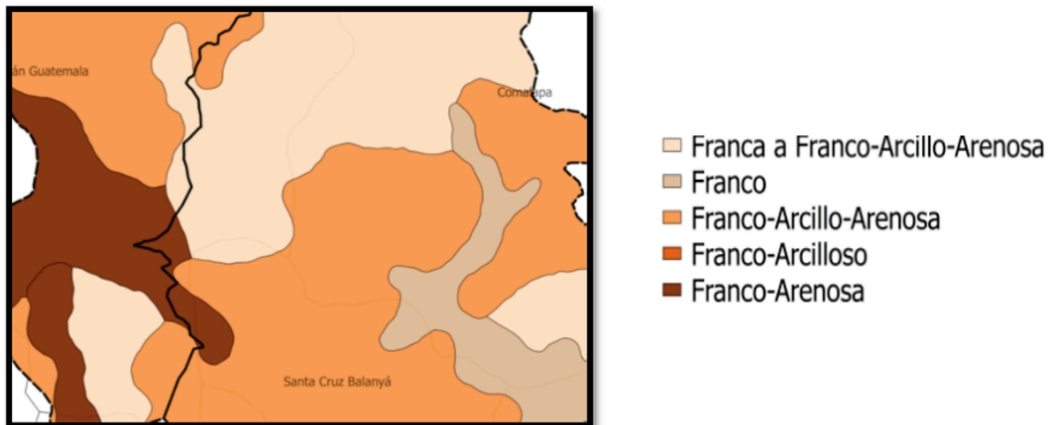
Gráfica 10: Porcentaje de área de los diferentes tipos de suelo de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

El 40.9% del área total está representado por la textura de tipo Franco-Arcilloso-Arenoso, y el 35.07% está representado por el tipo de textura Franca a Franco-Arcillo-Arenoso, lo que indica que más del 75% del área de estudio cuenta con textura de tipo Franco-Arcilloso-Arenoso. Este tipo de textura se encuentra ubicada en seis de los nueve municipios que abarca el área de influencia (Zaragoza, Comalapa, Tecpán, Santa Apolonia, Balanyá, Patzicia, Tecpan), en las partes onduladas e inclinadas de la cuenca. Se le considera un tipo de textura fina, de color café oscuro con una característica de buen drenaje lo que favorece a la recarga hídrica.

El 35% del área restante dentro de la cuenca está dividido en tres tipos de textura: La primera "Franco-Turboso (arcilloso)" la cual representa un 2%, a su vez presenta características de un drene moderado, con un color negro o café muy oscura y se encuentra representada en relieves suavemente inclinados. La segunda con un 13.9% de influencia en el área, se encuentra el tipo "Franco-Arenoso", ubicada en áreas inclinadas presentado un color café oscuro. El tercer tipo de textura es "Franco", la cual representa el 8% del área total. Dicha textura fue clasificada en la Fase Campo, debido a que dentro del archivo de datos aún no se encontraba disponible sus características. Ubicada en el municipio de Santa Apolonia.

Ilustración 67: Acercamiento de la distribución de los tipos de textura dentro del área de estudio

Fuente: MAGA

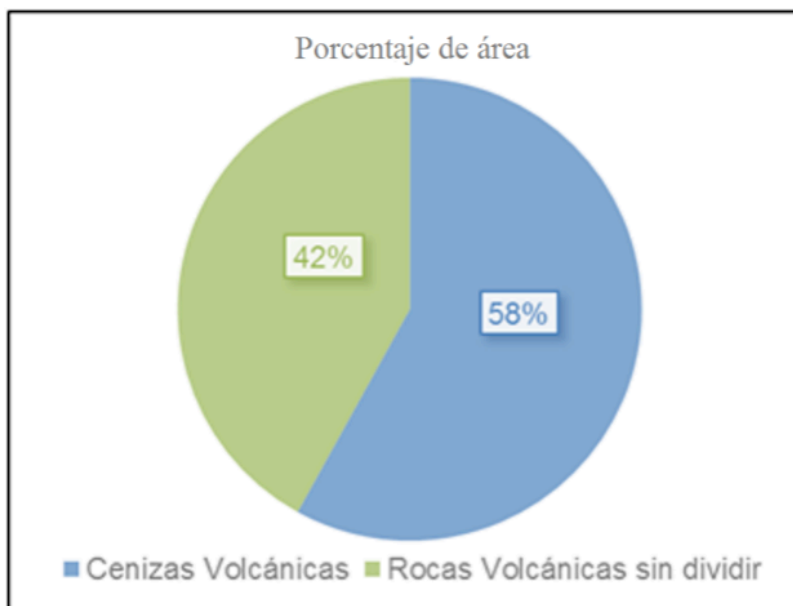
c. **Geología.** De acuerdo con el mapa de Geología y Litografía, dentro del área de influencia existen dos tipos de rocas, la primera descrita como Cenizas Volcánicas (Qp) y la segunda llamada Rocas Volcánicas sin dividir (Tv). Sus características se presentan en la Cuadro 18.

Cuadro 18: Tipo de geología dentro del área de influencia

<i>Geología</i>	<i>Unidad</i>	<i>Tipo de roca</i>	<i>Período</i>	<i>Características</i>
Qp	Cenizas volcánicas	Rocas ígneas y metamórficas	Cuaternalio	Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso (Limo-Arena).
Tv	Rocas volcánicas sin dividir	Metamórficas e ígneas	Terciario	Rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente Mio-Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos.

Fuente: MAGA

Como se aprecia en la Tabla #26, las Cenizas Volcánicas (Qp) están presentes en un 58% del área total. Abarcan los municipios de Chimaltenango, Zaragoza, Patzicia, Santa Cruz Balanyá, Tecpán y Patzún. Cuentan con materiales geológicos de la clase de andesita, basaltos, obsidias y perlitas. Las Rocas Volcánicas sin dividir (Tv), son rocas del período terciario, representan un 41% del área total y están ubicadas en los municipios de: Santa Apolonia, Tecpán, Comalapa y San Andrés Iztapa. Están constituidas principalmente por lavas, brechas, conglomerados, coladas de lava y material piropástico.

Gráfica 11: Porcentaje de los distintos tipos de roca dentro del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Las rocas derivadas de las Cenizas Volcánicas (Qp) se consideran rocas ígneas y metamórficas, presentan características de rellenos gruesos de cenizas de roca pómez. Se consideran rocas recientes del período Cuaternario. Según las características de consolidación y conductividad hidráulica, en este tipo de rocas la conductividad es baja a moderada, similar a la de las arcillas y limos arcillosos de baja permeabilidad. Debido a sus características bajas y mediante el criterio de la tabla de ponderación, se asignó un valor de tres puntos, lo que indica una posibilidad de recarga baja. (Herrera Villaroto, Ludwig, 2005)

Las rocas Volcánicas sin dividir (Tv) es el otro tipo de roca geología que se presenta en el área de estudio, dicha clase posee rocas metamórficas e ígneas que incluye tobas, coladas de lava, materiales laharico, y sedimentos volcánicos. Pertenecientes al período terciario predominantemente Mio-Plioceno. Este tipo de roca presenta una baja permeabilidad primaria baja, debido a esta característica de permeabilidad hidráulica se le asignó una ponderación de dos puntos (Herrera Villaroto, Ludwig, 2005).

d. Uso del suelo

Cuadro 19: Tipo de uso de suelo dentro del área de estudio

<i>ID</i>	<i>Grupo</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Detalle</i>	<i>Descripción</i>	<i>Área Km²</i>	<i>Porcenta je del área</i>
1	Agricultura	Agricultura Limpia Anual	Mezcla de agricultura anual con Horticultura y Ornamentales	Maíz, Frijol, hortalizas, verduras y frutas	100.00	47.02%
2	Horticultura y Ornamenta les	Agricultura Limpia	Invernaderos	Flores y hortalizas	8.00	3.76%
3	Áreas Urbanas	Áreas Construidas	Comunidades y aldeas	Áreas urbanas y / o Cons*	10.00	4.70%
4	Cementerios	Áreas Construidas	Nichos	Áreas tomadas	0.67	0.32%
5	Bosque natural (Selva)	Coníferas	Abierto (Asociado con agricultura o pastos)	Bosque	4.85	2.28%
6	Bosque natural (Selva)	Coníferas	Coníferas	Bosque	32.15	15.12%

Continuación Cuadro 19						
<i>ID</i>	<i>Grupo</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Detalle</i>	<i>Descripción</i>	<i>Área Km²</i>	<i>Porcentaje del área</i>
7	Bosque natural (Selva)	Latifoliadas	Latifoliadas	Bosque	5.80	2.73%
8	Bosque natural (Selva)	Mixto	Mixto	Bosque	51.20	24.07%
				Total=	212.68	

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que todo el Bosque natural en conjunto representa el 44% del área total. Este grupo se encuentra dividido en cuatro diferentes tipos: Coníferas, Latifoliadas, Bosque Mixto y abiertos. Se toman en conjunto debido a que las cuatro clasificaciones del Bosque son ponderadas de la misma manera con valor de cinco puntos, lo que indica que más del 40% del área de estudio presenta una posibilidad de recarga muy alta.

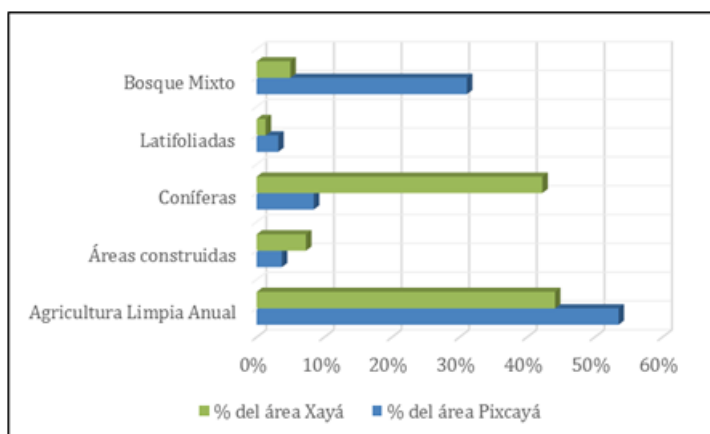
La Agricultura Limpia anual representa el mayor porcentaje del área en estudio con un 47%. Está representada por granos básicos: mosaico de cultivo con proactivas de conservación. Son terrenos cultivados con maíz, frijol, verduras y frutas, lo que representa una ponderación de 2.5 puntos dando como resultado una posibilidad de recarga moderada. A su vez se aprecia que el área construida representa un 4.70% lo que refleja que el área de influencia se genera la agricultura como su principal actividad económica.

Cuadro 20: Uso del suelo en las subcuencas de estudio

<i>Subcuenca Pixcayá</i>		<i>Subcuenca Xayá</i>	
<i>Subgrupo</i>	<i>Área Km²</i>	<i>Subgrupo</i>	<i>Área Km²</i>
Agricultura limpia anual	82.429	Agricultura limpia anual	25.5399
Áreas construidas	5.744	Áreas construidas	4.2226
Coníferas	13.017	Coníferas	24.4597
Latifoliadas	4.921	Latifoliadas	0.7685
Mixto	47.889	Mixto	2.8842

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 12: Comparación del porcentaje de área dentro de las subcuencas ocupada por los diferentes usos del suelo



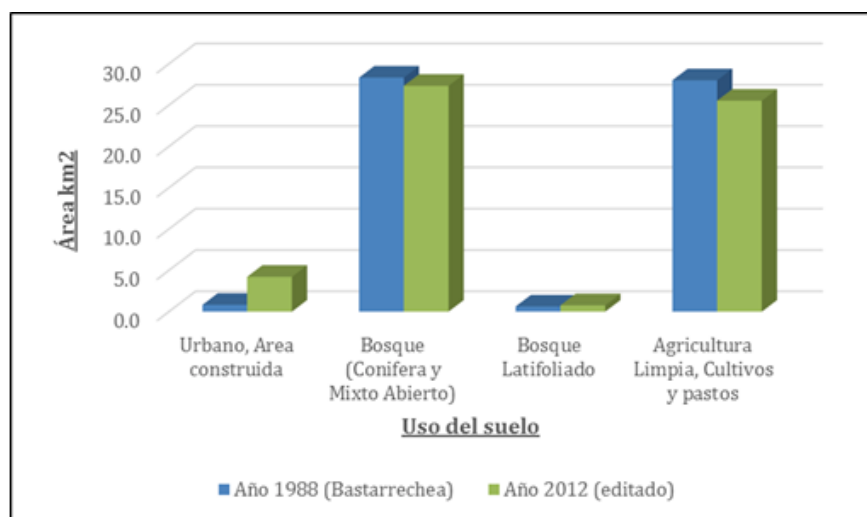
Fuente: Elaboración propia

Dentro de la subcuencas que forman parte del área de estudio, la subcuenca del río Pixcayá posee la mayor área de Agricultura Limpia con un 53.53% de toda su área, mientras que posee un 42% de bosque. Se puede apreciar que han explotado más el área para el cultivo y producción. Mientras que en la subcuenca del río Xayá, la mayor área la posee el Bosque (sin hacer distinción entre bosque conífero, latifoliado mixto) con un 50.89%. Mientras que solo un 44.13 % está destinado para Agricultura de granos básicos. Esto muestra que dentro de la subcuenca han conservado más de bosque lo que representa una mayor posibilidad de recarga.

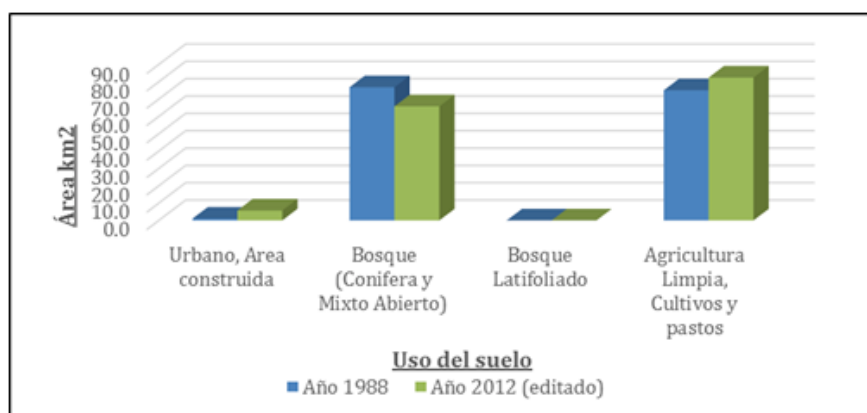
Cuadro 21: Ponderación de la variable de uso del suelo utilizado en la ecuación 1

<i>Grupo</i>	<i>Ponderación real</i>	<i>Valor= ponderación*coeficiente</i>
Agricultura limpia anual	2.5	0.325
Agricultura limpia	2.5	0.325
Áreas construidas	0	0
Coníferas	5	0.65
Latifoliadas	5	0.65
Mixto	5	0.65

Fuente: Elaboración propia

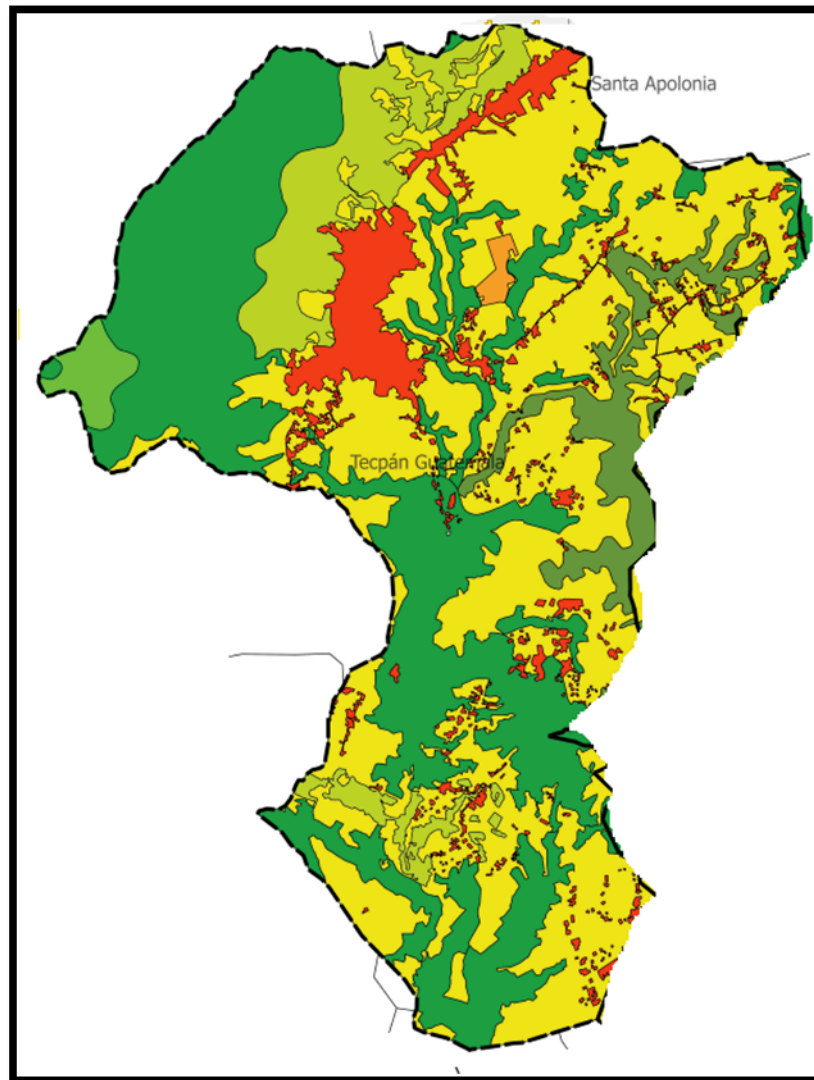
Gráfica 13: Comparación del uso del suelo en la subcuenca Xayá

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14: Comparación del uso del suelo en la subcuenca Pixcayá

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una comparación respecto al cambio de uso del suelo en las subcuencas. El cuadro fue comparado con el uso de suelo editado del MAGA-INAB-FAO, de 2012, observando los resultados en las Gráficas 15 y 16. Se puede observar que dentro de la subcuenca del río Xayá un aumento en el área utilizada para construcción urbana, lo que es lógico por el aumento de la población. Debido a este aumento se ha venido reducido no tan considerable de las áreas de Bosque y Agricultura. En la cuenca del río Pixcayá se observa a su vez un aumento de las áreas urbanas y una reducción de los bosques con 11 km² de los cuales 7 km² cambiaron su uso para áreas de agricultura. Se considera un cambio no drástico en el uso del suelo ya que el área que aumentó que no contribuye a recarga (áreas urbanas) representan el 7% del área en Xayá y un 4% en Pixcayá.

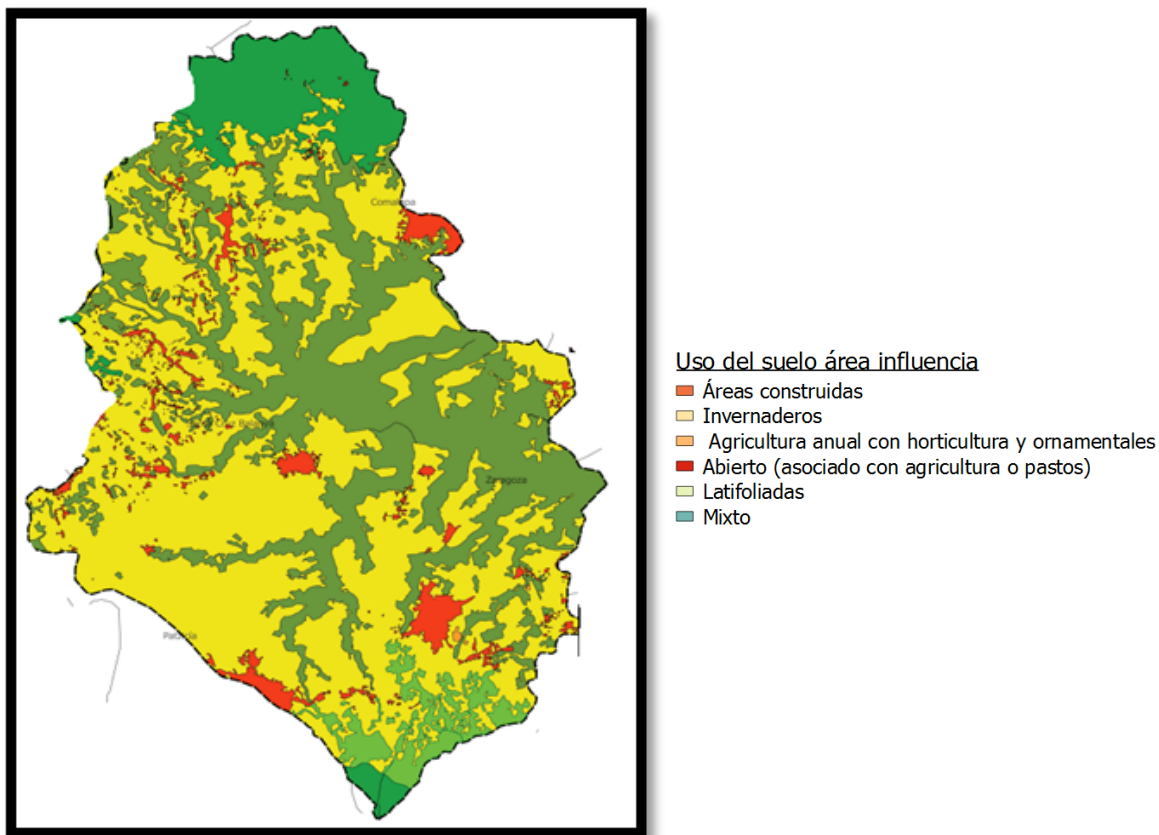
Ilustración 68: Uso del suelo en la subcuenca del río Xayá

Uso del suelo área influencia

- Áreas construidas
- Invernaderos
- Agricultura anual con horticultura y ornamentales
- Abierto (asociado con agricultura o pastos)
- Latifoliadas
- Mixto

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 69: Uso del suelo en la subcuenca del río Pixcayá



Fuente: Elaboración propia

e. Cobertura vegetal

Cuadro 22: Cobertura vegetal dentro del área de estudio

ID	Grupo	Subgrupo	Detalle	Área Km ²	Pond.	Valor= Ponderación* coeficiente
1	Cobertura vegetal	Agricultura limpia, bosque	Mixto, coníferas, latifoliado, mosaico de cultivos	201.9 9	5	1.25
2	Áreas urbanas	Áreas construidas	Aldeas y pueblos	10.68 3	0	0
			Total=	212.67		

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el 95% del área está cubierta por algún tipo de vegetación lo que indica una posibilidad de recarga grande. No se tomaron los para metros de ponderación mediante los rangos establecidos, debido a que el área cubierta esta georreferenciado dentro de mapa lo que indica que el valor dado será el mismo en dicho punto. Por lo que es irrelevante clasificar en intervalos, ya que las áreas urbanas están bien determinadas con un 5% del área y una escala detallada utilizando las Ortofotos-IGN-. Estas áreas fueron ponderadas como "0", debido a que no cuentan con vegetación.

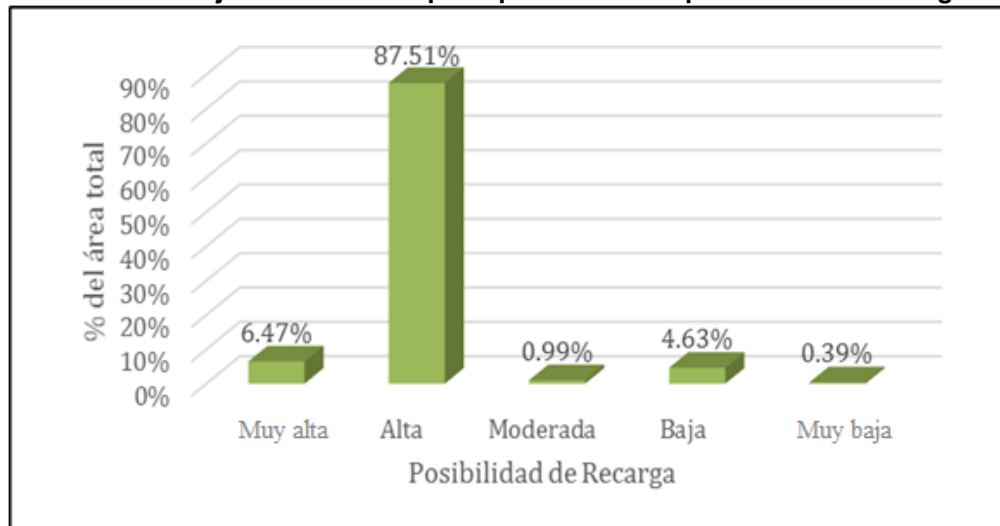
2. Identificación y descripción de las zonas potenciales de recarga hídrica

Cuadro 23: Área que abarca cada una de las posibilidades de recarga hídrica dentro de la zona de estudio

<i>Posibilidad de recarga</i>	<i>Área km²</i>	<i>Municipios</i>
Muy Alta	13.76	Zaragoza, Comalapa, Chimaltenango
Alta	186.10	En los 9 municipios
Moderada	2.11	Santa Cruz Balanyá
Baja	9.85	Tecpán, Comalapa, Patzicía, Zaragoza, Balanyá
Muy Baja	0.83	Tecpán, Comalapa, Patzicía, Zaragoza, Balanyá
Total=	212.66	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 15: Porcentaje del área total que representa cada posibilidad de recarga hídrica



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el Cuadro 23, la zona con mayor porcentaje de recarga dentro del área de influencia fue “Alta” que representa el 87.51% de superficie. En conjunto, la posibilidad de recarga “Alta” y “Muy alta” representan más del 90% del área total lo que indica que el área de influencia presenta una característica de absorción de agua favorable para la recarga hídrica natural, esto se refleja como una ventaja, implementando el buen manejo del uso de la tierra y la creación de obras para la recarga hídrica artificial mejorando la percolación en el suelo. Se destaca que las posibilidades de recarga “Moderada” y “Muy baja” juntas representa un 1.4% del área total, lo cual es casi nulo su consideración con respecto a su representación como posibilidad de recarga. El conjunto de las zonas potenciales de recarga hídrica se puede apreciar en Anexo 16 “Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica”.

De la misma manera, se realizaron análisis de cada una de las posibilidades de recarga y cuáles son las variables que están implícitas dando las características necesarias para la creación de dicha posibilidad. A continuación, se presentan los resultados:

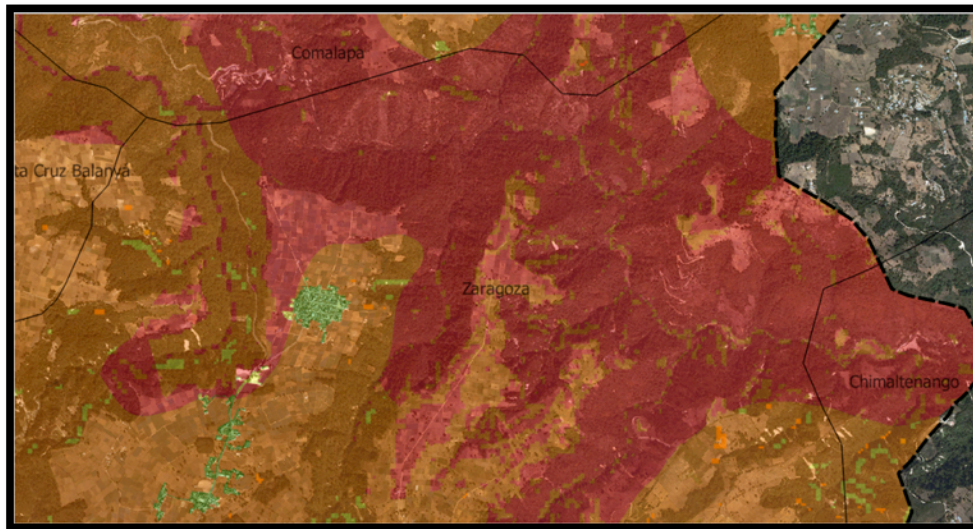
Ilustración70: Proporción integral de las variables dentro de la zona con posibilidad de recarga muy alta

Posibilidad de Recarga	Tipo de textura	Área	% área	Geología	Área	% área	Uso de suelo	Área	% área	Cobertura vegetal	Área	% área	Pendiente		Área	% área	
													Área	% área			
Muy Alto	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	1.0727	7.79%	Qp	12.59	91.48%	Agricultura	3.029	22.00%	Mosaico agrícola	3.0286	22.00%	0	6	4.1013	29.80%	
	Franco	10.493	76.23%	Tv	1.17	8.52%	Bosque	10.74	78.00%	Bosque	10.74	78.00%	6.00	15.00	1.38	10.03%	
	Franco-Arcillo-Arenosa	0	0.00%										15.00	45.00	8.2821	60.17%	
	Franco-Arcilloso	0	0.00%										45.00	65.00	0	0.00%	
	Franco-Arenosa	2.1985	15.97%														
	Totale=	13.76															

Fuente: Elaboración propia

El área que representa la posibilidad de recarga “Muy alta” es de 13.76 kilómetros cuadrados, y están conformado en su mayoría por suelo de tipo franco y franco-arenoso, lo que nos indica que presentan una recarga moderadamente alta gracias a sus características arenosas, lo cual permiten una mayor velocidad de infiltración. De igual manera predomina las rocas de cenizas volcánicas (91.48% del área) del período cuaternario, las presenta una característica de medio drenaje, aunque no sean muy suaves. Toda el área posee cobertura vegetal, dividida en bosque (78%) y cultivos (22%) los cuales se aprecian en la Ilustración 72, lo que representa una gran ventaja en la posibilidad de recarga, gracias a que el agua de lluvia permanece retenida por la vegetación. Este tipo de posibilidad presenta un relieve bastante ondulado ya que las pendientes predominantes son del rango (15 – 45%) representado en un 60.1% del área, lo que indica una moderada retención del agua en la superficie.

Ilustración71: Zona con potencial de recarga hídrica muy alta



* Ortofoto área de influencia-IGN- debajo del polígono roja de posibilidad de recarga muy alta

Fuente: Elaboración propia

Ilustración72: Proporción integral de las variables dentro de la zona con posibilidad de recarga alta

Posibilidad de Recarga	Tipo de textura	Área	% área	Geología	Área	% área	Uso de suelo	Área	% área	Cobertura vegetal	Área	% área	Pendiente	Área	% área	
Alto	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	70.469	37.60%	Qp	105.2	56.13%	Agricultura Limpia	96.32	51.40%	Mosaico agrícola	96.32	51.40%	0	6	62.7	33.46%
	Franco	6.5706	3.51%	Tv	82.22	43.87%	Bosque	91.09	48.60%	Bosque	91.09	48.60%	6.00	15.00	47.93	25.57%
	Franco-Arcillo-Arenosa	79.712	42.53%										15.00	45.00	76.55	40.85%
	Franco-Arcilloso	4.0736	2.17%										45.00	65.00	0.23	0.12%
	Franco-Arenosa	26.585	14.19%													
	Totale=	187.41														

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del área de influencia está representada por la posibilidad de recarga “Alta” la cual abarca 187.41 kilómetros cuadrados. Se puede observar que se encuentran presentes todos los tipos de suelo siendo el Franco-Arcillo-Arenosa la más predominante con un 42.53% reflejando una baja permeabilidad en el suelo. A su vez el tipo de suelo Franco a Franco-Arcillo- Arenosa, presenta una moderada-alta posibilidad de recarga con un 37.60 % del área total. Como se observa en la Tabla#, predomina el “Mosaico de agricultura” en toda el área con un 51.4%, dando una buena cobertura al suelo. De igual manera se observa un equilibrio entre los tipos de roca, aunque las “Cenizas Volcánicas” predominen por un 12% más que las “Rocas Volcánicas sin Dividir”. Este tipo de roca representa una posibilidad de recarga baja, pero solo representa un 13% de la permeabilidad de la zona. Se observa que sigue predominando las pendientes del 15 -45% aunque

más equilibradas con zonas llanas (planas) con un 33.46% del área, indicando una baja velocidad de la escorrentía aumentando el tiempo del agua en la superficie.

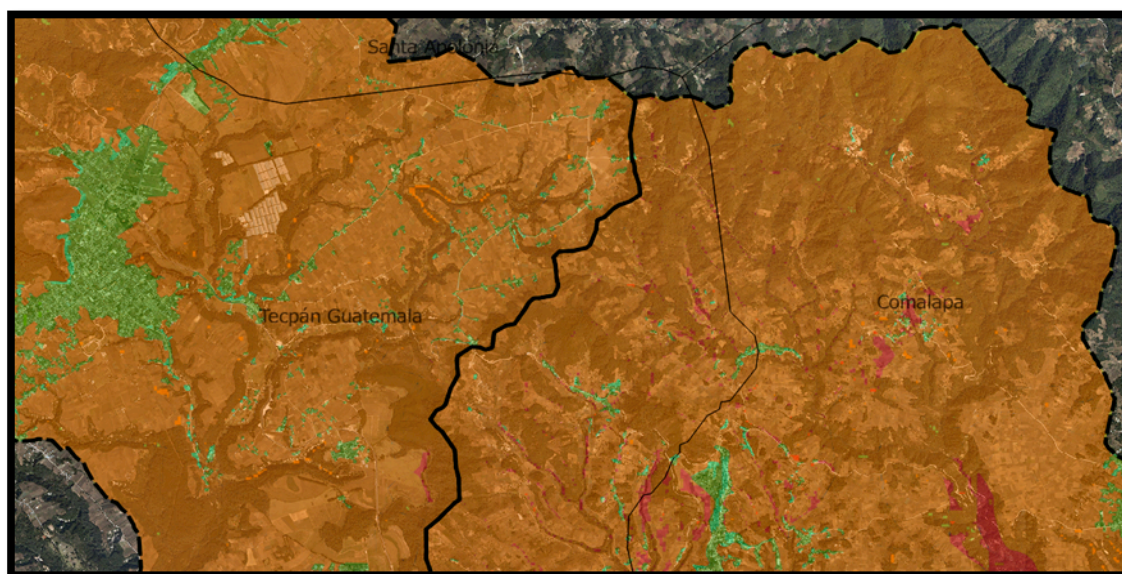
Ilustración73: Proporción integral de las variables dentro de zona con posibilidad de recarga moderada

Posibilidad de Recarga	Tipo de textura	Área	Geología	Área	Uso de suelo	Área	Cobertura vegetal	Área	Pendiente		Área
m o d e r a d o	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	si	Qp	si	Agricultura	si	Agricultura	si	0	6	no
	Franco	si	Tv	si	Bosque	no	Bosque	no	6.00	15.00	no
	Franco-Arcillo-Arenosa	si							15.00	45.00	si
	Franco-Arcilloso	si							45.00	65.00	si
	Franco-Arenosa	si							65	<	si
	Totale=	2.11									

Fuente: Elaboración propia

En la posibilidad de recarga “moderada” se puede observar que no cuenca con “Bosque” lo cual perjudica su ponderación ya que es una variable que representa el 25% de la ecuación. Como se observa no fue necesario realizar un análisis de las variables, debido a que esta posibilidad no cuenca con área representativa del área total, con apenas 2.11 kilómetros cuadrados. Simplemente se describen cuáles son las variables presentes. Se puede observar que carece de áreas planas y presenta pendiente muy pronunciadas. Cuenca con todos los tipos de textura y roca.

Ilustración74: Zona con potencial de recarga hídrica alta y baja:



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 75: Proporción integral de variables dentro de las zonas con posibilidad de recarga baja

Posibilidad de Recarga	Tipo de textura	Área	% área	Geología	Área	% área	Uso de suelo	Área	% área	Cobertura vegetal	Área	% área	Pendiente		Área	% área
B a j o	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	2.6186	26.58%	Qp	5.37	54.51%	Áreas construidas	9.85	99.98%	Construcción	9.85	99.98%	0	6	6.71	68.11%
	Franco	0.002	0.02%	Tv	4.49	45.58%	Bosque	0.00	0.00%	Bosque	0.00	0.00%	6.00	15.00	3.10	31.47%
	Franco-Arcillo-Arenosa	6.5885	66.88%										15.00	45.00	0.0047	0.05%
	Franco-Arcilloso	0	0.00%										45.00	65.00	0	0.00%
	Franco-Arenosa	0.6426	6.52%													
	Totale=	9.85														

Fuente: Elaboración propia

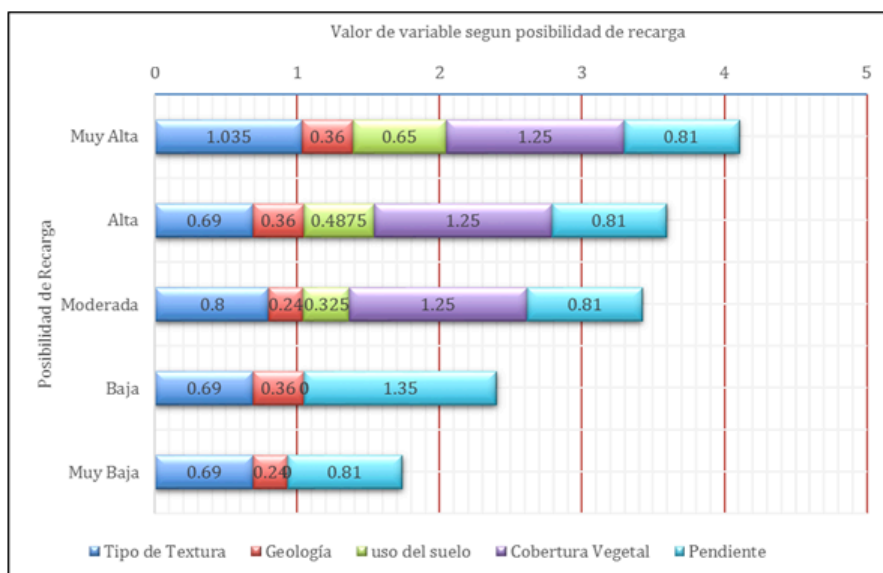
El área abarcada por la posibilidad “baja” es de 9.85 kilómetros cuadrados; la cual está representada por cuatro tipos de textura donde predomina “franco-arcillo-arenoso” con el 66.88%, indicando una posibilidad de recarga baja, a su vez cuenta en su totalidad con áreas construidas lo que refleja un parámetro nulo para la infiltración, aunque su relieve se considera plano, gracias a que predominan las pendientes del rango 0-6% con un 66.11%, no es lo suficientemente favorable para la recarga. Cuenta con los dos tipos de roca, siempre predominando las “Cenizas Volcánicas” con un 54.51%.

Ilustración 76: Proporción integral de variables dentro de las zonas con posibilidad de recarga muy baja

Posibilidad de Recarga	Tipo de textura	Área	Geología	Área	Uso de suelo	Área	Cobertura vegetal	Área	Pendiente		Área
M u y	Franca a Franco-Arcillo-Arenosa	si	Qp	si	Urbano	si	Urbano	si	0	6	no
	Franco	no	Tv	si	Bosque	no	Bosque	no	6.00	15.00	no
B a j o	Franco-Arcillo-Arenosa	si							15.00	45.00	si
	Franco-Arcilloso	no							45.00	65.00	si
	Franco-Arenosa	si							65 <		si
	Totale=	0.83									

Fuente: Elaboración propia

La posibilidad de recarga “muy baja” no fue tomada en cuenta en su análisis debido a poca influencia en las zonas de recarga. Cuenta con un 0.83 kilómetros cuadrados representados por tres tipos diferentes de textura donde predomina el área urbana en su totalidad y cuenta con pendientes muy pronunciadas, predominando las del rango 15- 45%.

Gráfica 16: Distribución del valor de cada variable según la posibilidad de recarga presente

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Gráfica 17, la cobertura vegetal y la pendiente otorgan valores ponderados altos, lo que indica que son las variables más representativas para las zonas potenciales de recarga, pero solo la cobertura vegetal puede ser modificada directamente por el hombre. También podemos observar que las zonas con uso de suelo cero como áreas urbanas no llegan a posibilidades moderadas ni altas ya que es un factor que sí aporta a la ecuación.

Cuadro 24: Determinación de la posibilidad promedio dentro del área de influencia según el porcentaje de área que abarca cada posibilidad de recarga

Posibilidad de recarga	Porcentaje del área * el valor que otorga cada variable					
	Tipo de textura	Geología	Uso del suelo	Cobertura vegetal	Pendiente	
Muy alta	0.0670	0.0233	0.0421	0.0809	0.0524	
Alta	0.6038	0.3150	0.4266	1.0939	0.7088	
Moderada	0.0079	0.0024	0.0032	0.0124	0.0080	
Baja	0.0319	0.0167	0.0000	0.0000	0.0625	
Muy baja	0.0027	0.0009	0.0000	0.0000	0.0032	
Total=	0.7133	0.3583	0.4719	1.1871	0.8349	3.57

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 24, se puede observar los resultados del valor que otorga cada variable según el porcentaje de área que ocupa en el área. Esto genera una ponderación promedio de cuál es el valor de toda el área en estudio. Se puede observar que el valor resultante es 3.57 y al compararlo con la Tabla 4, se puede apreciar que se encuentra entre el límite de la posibilidad de recarga moderada y alta, lo que indica que en promedio toda el área de influencia presenta una buena posibilidad de recarga hídrica natural.

3. Análisis y descripción de los escenarios propuestos sobre el cambio de las zonas potenciales de recarga hídrica

Cuadro 25: Comparación del cambio del área en la posibilidad de recarga según los diferentes escenarios planteados

Posibilidad de recarga	Original		Velocidad			Uso bajo del suelo			Uso mejorado del suelo		
	Área (km ²)	% área	Área (km ²)	% área	Resultado (km ²)	Área (km ²)	% área	Resultado (km ²)	Área (km ²)	% área	Resultado (km ²)
Muy alta	13.76	6.47 %	1.07	0.50%	-12.69	11.39	5.32 %	-2.37	49.24	23.01 %	35.48
Alta	186.1	87.51 %	174.87	81.73 %	-11.23	185.54	86.71 %	-0.56	152.79	71.41 %	-33.31
Moderada	2.11	0.99 %	27.30	12.76 %	25.19	6.23	2.91 %	4.12	1.25	0.59 %	-0.86
Baja	9.85	4.63 %	7.79	3.64%	-2.06	9.98	4.66 %	0.13	9.85	4.60 %	0.00
Muy baja	0.83	0.39 %	2.93	1.37%	2.10	0.83	0.39 %	0.00	0.83	0.39 %	0.00
Total=	212.7										

Fuente: Elaboración propia

**Resultados negativos indican una reducción del área de la posibilidad de recarga*

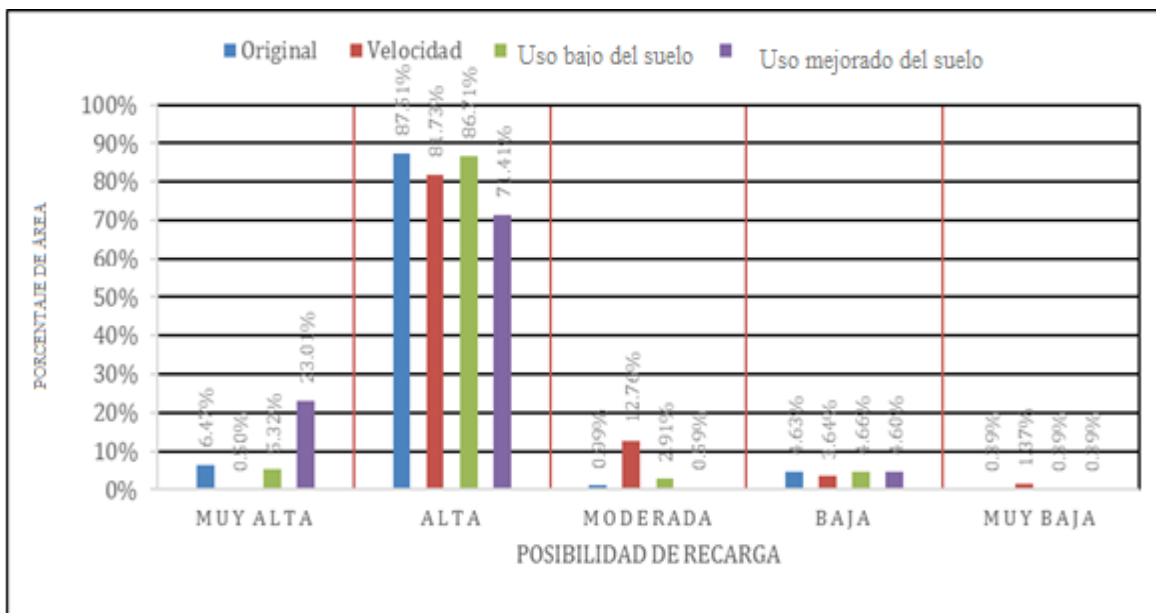
Como se puede observar en el Cuadro 25, al comparar el mapa "Original" con el mapa donde ha sido modificado la velocidad de infiltración en el suelo, se puede observar que las zonas de posibilidad "altas y muy altas" han tenido una reducción de casi 12 km². Mientras que las zonas "moderadas" han tenido un aumento de la misma cantidad de área (25.19 km²) que se redujo en las variables anteriores. De la misma manera las zonas "bajas" se han reducido y las "muy bajas" han aumentado. Aunque se ha tenido una reducción considerable de las zonas altas de posibilidad de recarga, aún sigue siendo las

zonas con posibilidad “alta” la que predomina con un 81.73% del área total de esta cuenca. Se puede considerar que, al variar las velocidades de infiltración, el área de influencia aún sigue teniendo una posibilidad de recarga “alta” mas no posee zonas de recarga “muy altas”.

Cuando se compara los parámetros del mapa “original” con el mapa de cambio de la variable de uso de suelo, con el objetivo de reducir sus características de infiltración, se puede observar una leve reducción de las zonas “muy alto y alto” la cual compensa el aumento de las zonas moderadas” esto nos indica que, si es posible reducir la posibilidad de recarga, pero aún siguen siendo las áreas de posibilidad de recarga “alta” las que abarca en gran porcentaje (86.7%) del área total. Se considera que el área de influencia posee una buena capacidad de percolación en el suelo.

Se observa que, al mejorar el uso del suelo, las áreas de posibilidad “Muy Alta” aumentan considerablemente en 35.48 km², lo que permite una mayor posibilidad de percolación en el suelo. Aunque las áreas “Altas” han sido reducidas, en 33 km², aún siguen siendo las que posee mayor porcentaje dentro del área tota con 71%. Los demás parámetros se mantienen constantes considerando una pequeña reducción del 0.83 km² en la posibilidad “Moderada

Gráfica 17: Comparación del cambio del porcentaje del área según los escenarios analizados



Fuente: elaboración propia

4. Descripción de las zonas potenciales de recarga posibles para realizar alguna obra civil de recarga artificial. Luego de obtener los mapas sobre los tres escenarios planteados, se procedió a realizar un análisis de intersección de mapas, para determinar el área en común de los mapas y asegurar que dicha área representa la posibilidad de recarga muy alta y alta las cuales puedan servir como parámetros para realizar obras civiles de recarga hídrica artificial. Para obtener el mapa se realizaron intersecciones entre el Mapa de ZR Original, ZR velocidad modificada, ZR mejora de uso del suelo y ZR uso bajo del suelo.

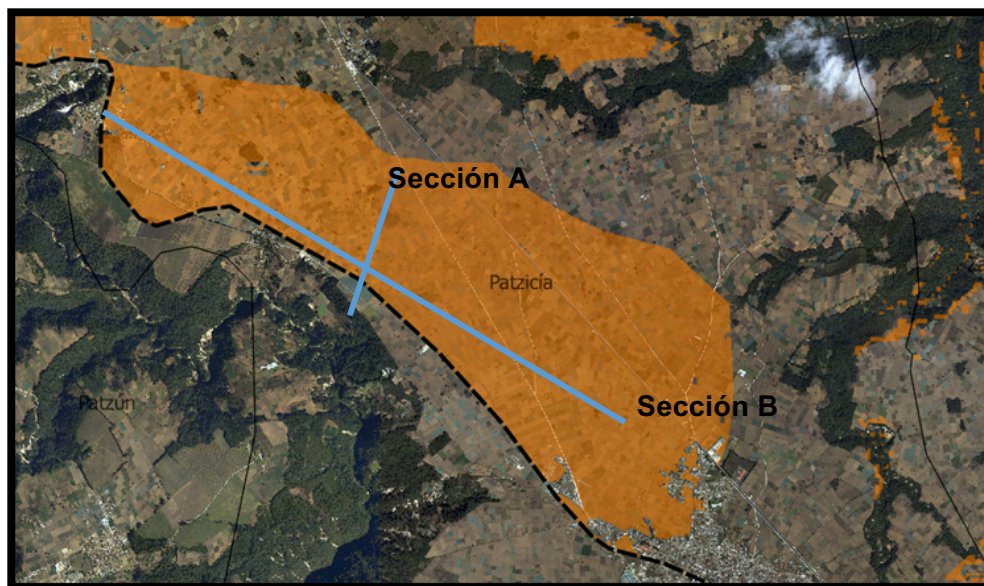
Cuadro 26: Distribución del área según la posibilidad de recarga hídrica útil para obras civiles de recarga artificial

Posibilidad de recarga	Recarga artificial	
	Área (km²)	Porcentaje de área
Muy alta	11.39	5.36%
Alta	85.10	40.02%
Moderada	105.48	49.60%
Baja	9.85	4.63%
Muy baja	0.83	0.39%
Total=	212.66	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Cuadro 25, la posibilidad de recarga “moderada” abarca la mayor parte dentro de la zona de estudio, con un 49.6%. Dejando un 45.38% (muy alto + alto) del área propicia para realizar alguna obra civil que pueda contribuir con la recarga hídrica artificial.

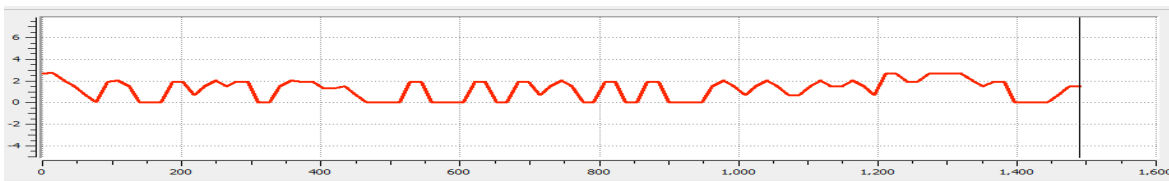
Ilustración77: Área de posibilidad de recarga alta con características apropiadas para obras de recarga artificial



**Ortofoto área de influencia-IGN- debajo del polígono de posibilidad de recarga alta.*

Fuente: Elaboración propia

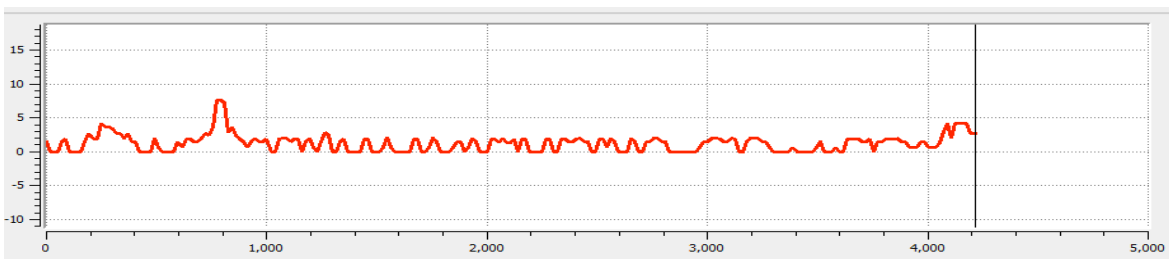
Ilustración78: Sección "A"



**Eje "X" representa distancia (m) y el eje "Y" representa porcentaje de pendiente.*

Fuente: Elaboración propia

Ilustración79: Sección "B"

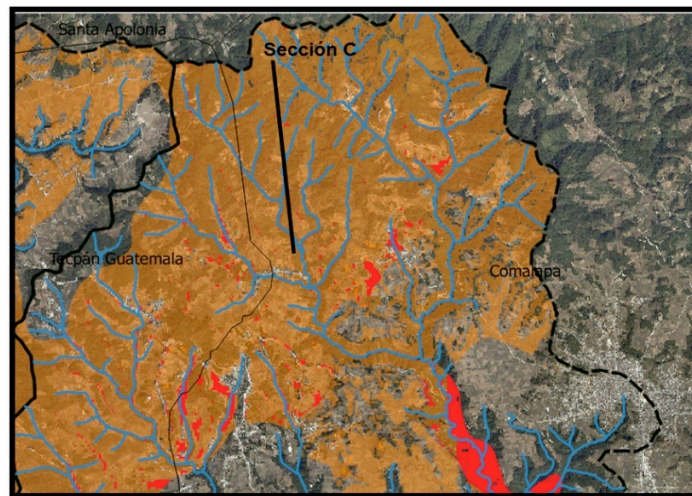


**Eje "X" representa distancia (m) y el eje "Y" representa porcentaje de pendiente.*

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que una de las áreas con posibilidad de recarga hídrica Alta, Ilustración 78, está ubicada en la parte media del municipio de Patzicía, donde el relieve del lugar, según las secciones del polígono, representa pendiente bajas, entre 0 a un 5%, lo que indica una buena opción para realizar obras civiles fuera del cauce como balsas en línea, ya que no cruza ningún río por el lugar. Considerando que el uso del suelo actualmente es agricultura limpia y hortalizas, como se observa en la Ilustración 78 gracias a que la ortofoto que muestra el mosaico de cultivos, y evitar las calles de terracería que conectan los poblados que pasan por esta zona.

Ilustración 80: Zona con potencial de recarga alta con características apropiadas para realizar obras de recarga artificial

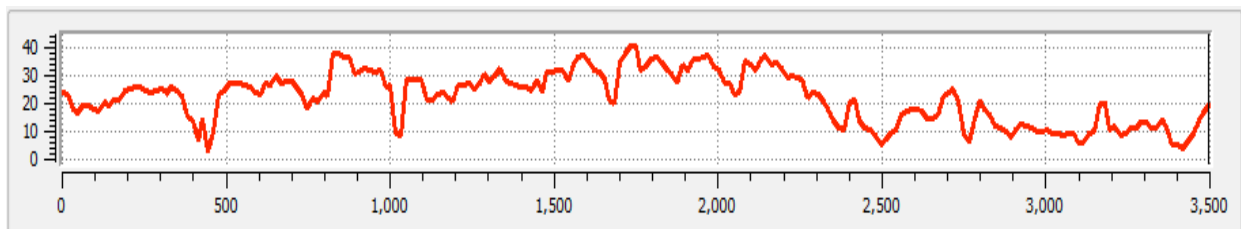


**Ortofoto área de influencia-IGN- debajo del polígono de posibilidad de recarga Alta.*

**Líneas azules representan ríos*

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 81: Sección "C"

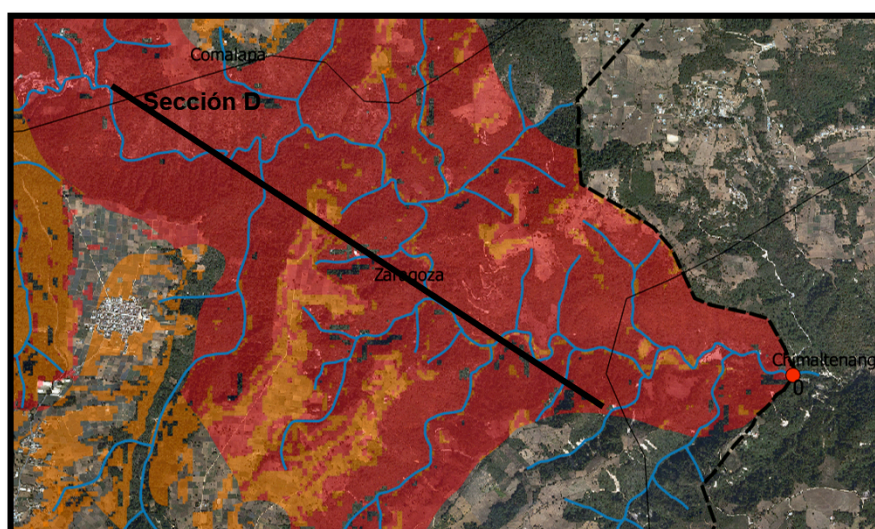


**Eje "X" representa distancia (m) y el eje "Y" representa % de pendiente.*

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la Ilustración 81 que el polígono de color naranja marca una zona de posibilidad de recarga Alta, la cual se ubica en la parte alta del municipio de Comalapa y en la parte este del municipio de Tecpán. Se puede observar que, dentro del área, cruzan varios afluentes del río de Pixcayá, y el área está constituida por bosque, según lo ilustra la ortofoto debajo del polígono. Dado que la sección "C" indica valores de pendiente entre 40 a 5%, representa un relieve semi-empinado, lo que presenta propiedades aptas para realizar obras civiles dentro del cauce de estos ríos como serpenteos o presas en los causes, o bien fuera del cauce como acequias o terrazas en desnivel aprovechando topografía del lugar.

Ilustración 82: Zona con posibilidad de recarga muy alta con características apropiadas para realizar obras de recarga artificial

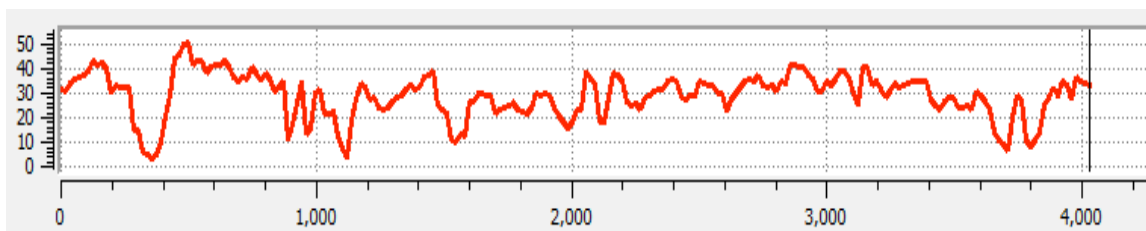


Fuente: Elaboración propia

**Ortofoto área de influencia-IGN- debajo del polígono de posibilidad de recarga muy alta.*

**Líneas azules representan ríos.*

Ilustración83: Sección "D"



Fuente: Elaboración propia

**Eje "X" representa distancia (m) y el eje "Y" representa % de pendiente.*

En la Ilustración 83, se muestra un área con posibilidad de recarga muy alta la cual se encuentra en la parte alta de municipio de Zaragoza. Dicha área está representada en su mayoría por bosque lo que ayuda en su recarga natural. Al observar la sección "D", se puede apreciar que se cuenta con pendientes de hasta un 50% y bajan suavemente hasta casi un 5%, lo que indica una buena opción para realizar algún embalse que ayude en la recarga hídrica artificial.

D. Estimación del potencial hidroeléctrico de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá

1. **Modelo de elevación digital.** Se tienen diferentes mapas temáticos los cuales se realizaron por medio de la herramienta QGIS. Empleando los diferentes archivos se realizaron los diferentes mapas necesarios para cumplir los objetivos. Para ver más a detalle los mapas consultarlos en anexos.

Ilustración 84: Mapa de áreas de influencia



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 85 Mapa de curvas de nivel a 50 metros



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 86 Mapa de estaciones hidrológicas



Fuente: Elaboración propia

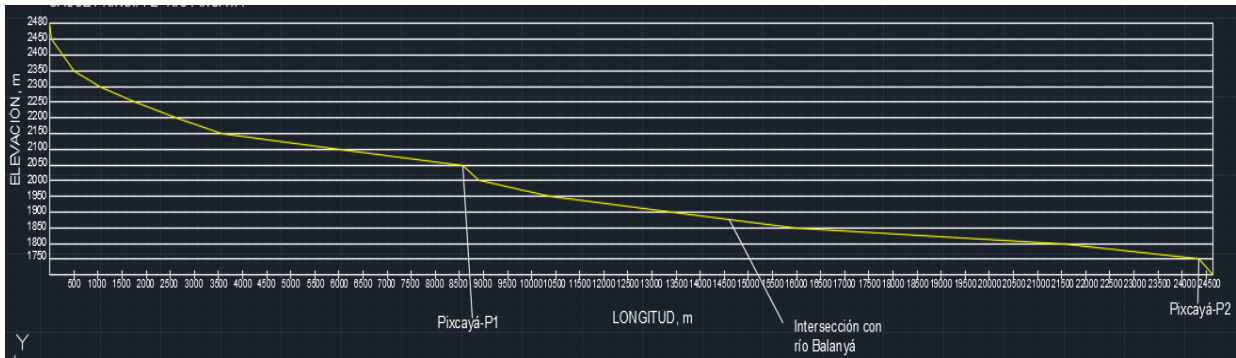
2. Elaboración de perfiles de afluentes. Al ser cauces con longitudes extensas el perfil no se podía apreciar de la mejor manera por lo que se procedió a exagerar las escalas verticales a cuatro veces el valor original con el objetivo de tener un mejor panorama y ubicar los puntos que son factibles para la implementación de embalses o cualquier obra que permita la generación de energía. Los cauces que se consideraron viable o con condiciones favorables fueron: Río Xaya, Pixcayá, Laureles, Tzancán, Chinimaya, Pachoj, Balanya, Pacorral, Xetonox, Yerbabuena y dos afluentes los cuales están ubicados a la derecha del río Tzancán. En la parte inferior se muestran las diferentes tablas de los cauces de ambas cuencas.

Cuadro 27: Perfil del río Pixcayá

Río Pixcayá		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2480.00	66.60	43.99
2450.00	233.55	228.14
2400.00	247.00	241.89
2350.00	542.72	540.41
2300.00	703.00	701.22
2250.00	860.00	858.55
2200.00	962.00	960.70
2150.00	2460.00	2459.49
2100.00	2544.00	2543.51
2050.00	324.00	320.12
2000.00	1481.00	1480.16
1950.00	2530.00	2529.51
1900.00	2570.00	2569.51
1850.00	5581.00	5580.78
1800.00	2788.00	2787.55
1750.00	272.00	267.36
TOTAL	24164.87	m

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 87: Perfil del Río Pixcayá



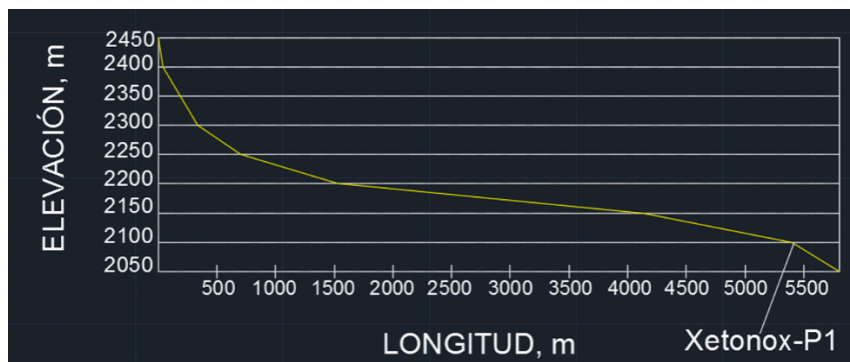
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28: Perfil del río Xetonox

Río Xetonox		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2400.00	66.00	43.08
2350.00	152.00	143.54
2300.00	162.00	154.09
2250.00	364.00	360.55
2200.00	830.00	828.49
2150.00	2607.00	2606.52
2100.00	1265.00	1264.01
2050.00	405.00	401.90
TOTAL	5851.00	m

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 88: Perfil de río Xetonox

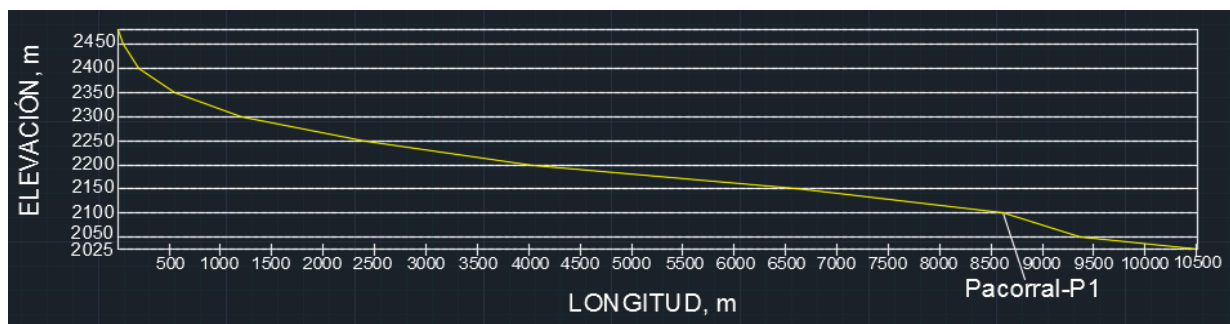


Fuente: Elaboración propia

Cuadro 29: Perfil del río Pacorral

Río Pacorral		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2450.00	62.00	54.26
2400.00	160.15	152.14
2350.00	353.00	349.44
2300.00	650.20	648.27
2250.00	1209.00	1207.97
2200.00	1634.00	1633.23
2150.00	2558.00	2557.51
2100.00	2013.00	2012.38
2050.00	760.00	758.35
2000.00	1132.00	1131.72
Total	10531.35	m

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 89: Perfil de río Pacorral

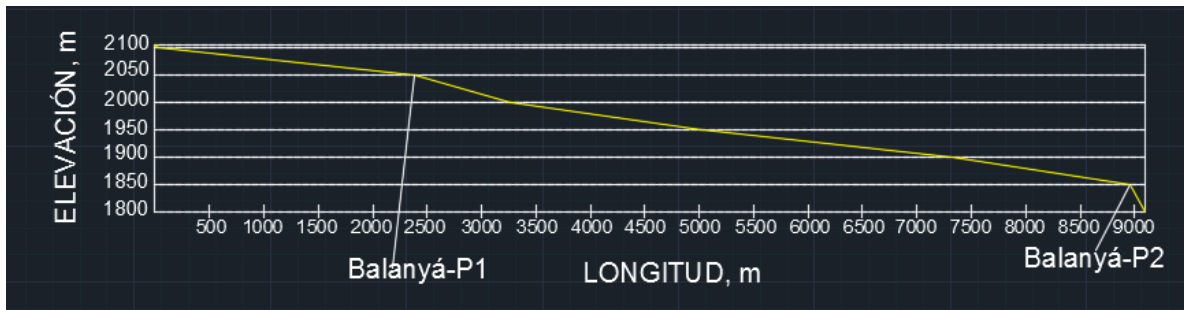
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30: Perfil del río Balanyá

Río Balanyá		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2105.00	30.00	29.58
2100.00	2349.00	2348.47
2050.00	882.50	881.08
2000.00	1768.00	1767.29
1950.00	2296.00	2295.46
1900.00	1640.00	1639.24
1850.00	145.00	136.11
TOTAL	9110.50	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 90: Perfil de río Balanyá



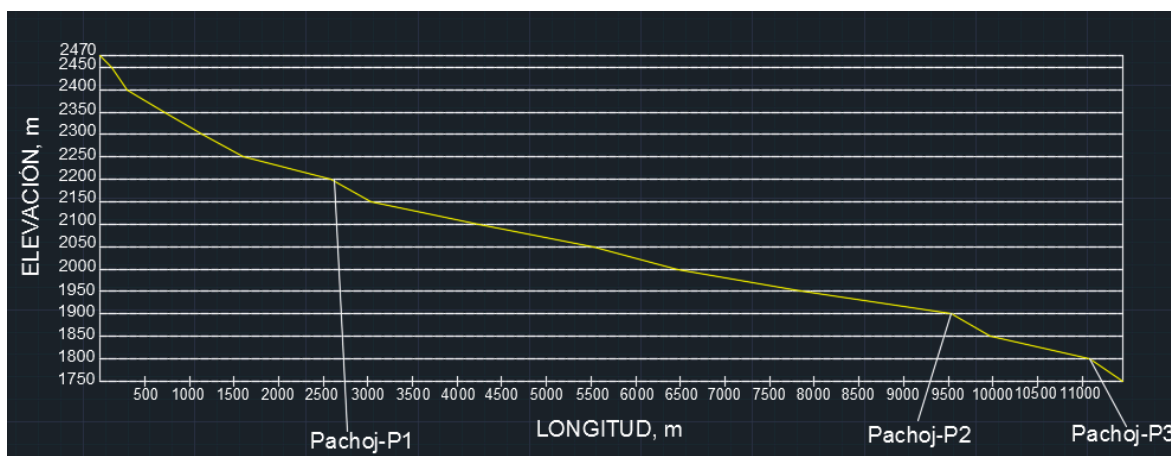
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31: Perfil del río Pachoj

Río Pachoj		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2475.00	131.00	128.59
2450.00	178.00	170.83
2400.00	433.00	430.10
2350.00	414.00	410.97
2300.00	469.00	466.33
2250.00	982.00	980.73
2200.00	450.00	447.21
2150.00	1210.00	1208.97
2100.00	1287.00	1286.03
2050.00	939.00	937.67
2000.00	1381.00	1380.09
1950.00	1683.00	1682.26
1900.00	440.00	437.15
1850.00	1116.00	1114.88
1800.00	371.00	367.62
TOTAL	11484.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración91: Perfil río Pachoj



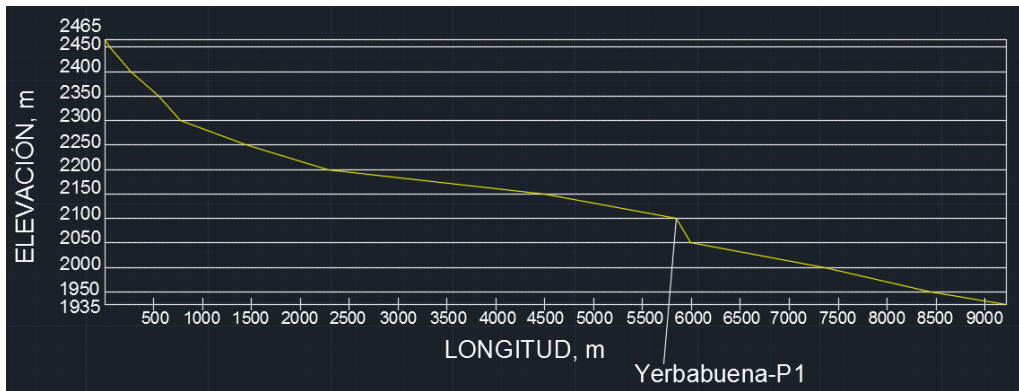
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32: Perfil del río Yerbabuena

Río Yerbabuena		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2465.00	48.00	45.60
2450.00	227.00	221.42
2400.00	290.00	285.66
2350.00	228.00	222.45
2300.00	668.00	666.13
2250.00	848.00	846.52
2200.00	2211.00	2210.43
2150.00	1348.00	1347.07
2100.00	155.00	146.71
2050.00	1378.00	1377.09
2000.00	1082.00	1080.84
1950.00	773.00	772.60
TOTAL	9256.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración92: Perfil Río Yerbabuena



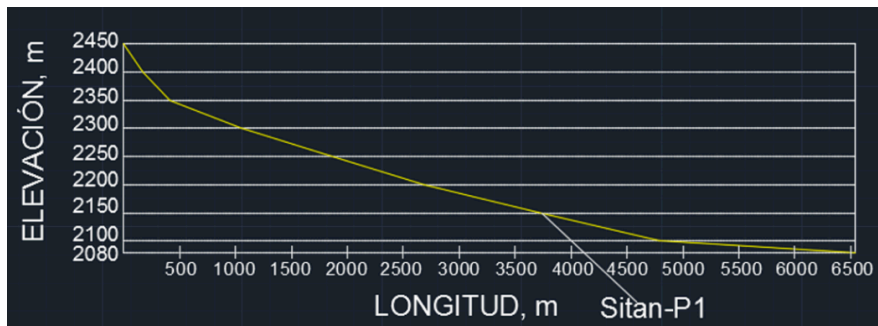
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33: Perfil del río El Sitán

Río El Sitán		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2400.00	181.00	173.96
2350.00	245.00	239.84
2300.00	638.00	636.04
2250.00	818.00	816.47
2200.00	826.00	824.49
2150.00	1049.00	1047.81
2100.00	1053.00	1051.81
2050.00	1750.00	1749.89
TOTAL	6560.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 93: Perfil del río Sitán



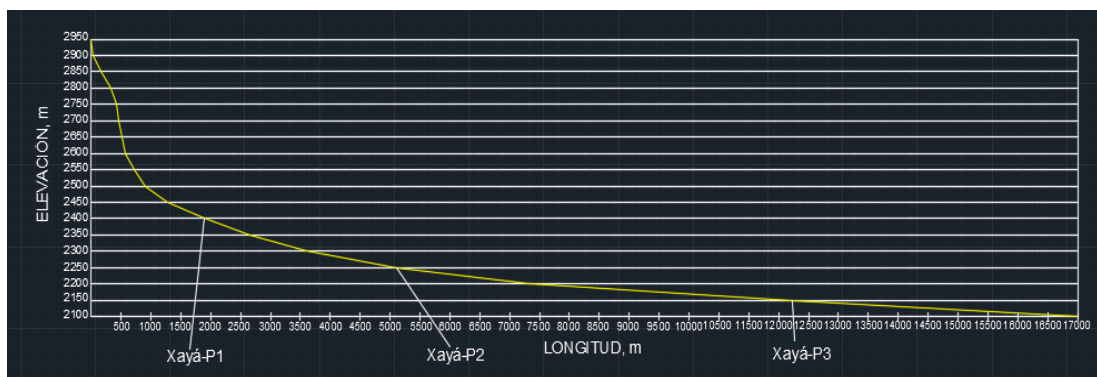
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34: Perfil del río Xayá

Río Xayá		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2950.00	41.00	28.62
2900.00	150.00	141.42
2850.00	163.00	155.14
2800.00	113.00	101.34
2750.00	41.00	28.62
2700.00	76.00	57.24
2650.00	72.50	52.50
2600.00	156.00	147.77
2550.00	197.00	190.55
2500.00	374.50	371.15
2450.00	627.00	625.00
2400.00	762.00	760.36
2350.00	945.00	943.68
2300.00	1511.00	1510.17
2250.00	2214.00	2213.44
2200.00	4403.00	4402.72
2150.00	4781.00	4780.74
TOTAL	16645.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración94: Perfil río Xayá

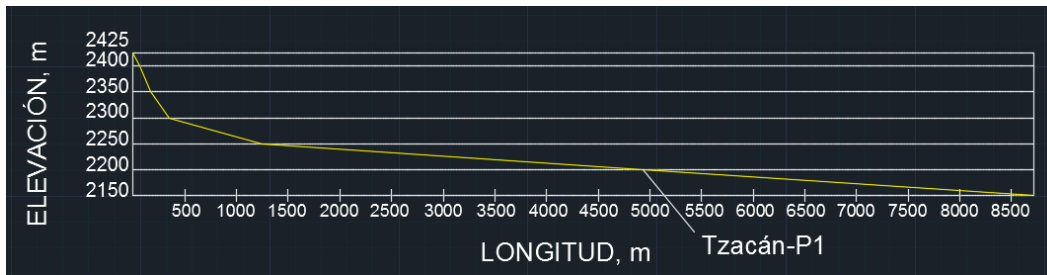


Fuente: Elaboración propia

Cuadro 35: Perfil del río Tzancán

Río Tzancán		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2425.00	64.00	58.92
2400.00	122.00	111.28
2350.00	187.00	180.19
2300.00	897.00	895.61
2250.00	3683.00	3682.66
2225.00	3787.00	3786.92
TOTAL	8740.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración95: Perfil río Tzancán

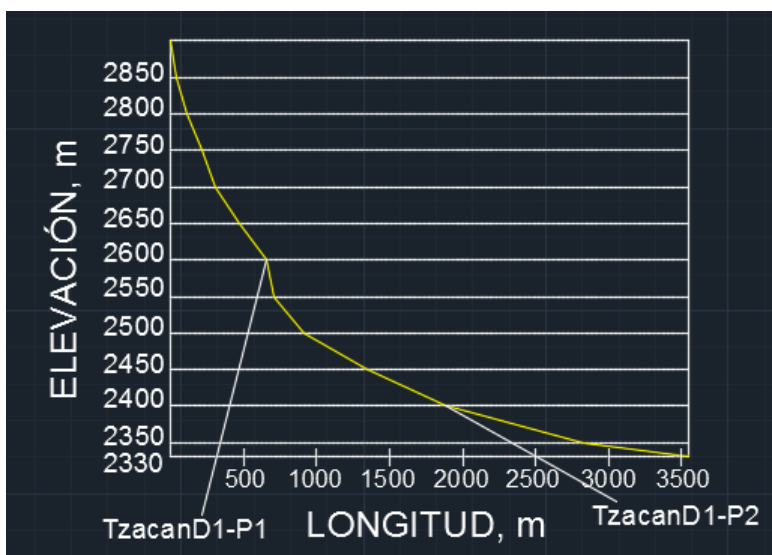
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 36: Perfil del río a la derecha del Tzancán

Río Tzacán 1 - A la derecha		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2850.00	64.00	39.95
2800.00	90.00	74.83
2750.00	110.00	97.98
2700.00	110.00	97.98
2650.00	171.00	163.53
2600.00	188.00	181.23
2550.00	72.00	51.81
2500.00	211.00	204.99
2450.00	437.00	434.13
2400.00	537.00	534.67
2350.00	943.00	941.67
2330.00	725.00	724.72
TOTAL	3658.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración96: Perfilrío a la derecha del Tzacán



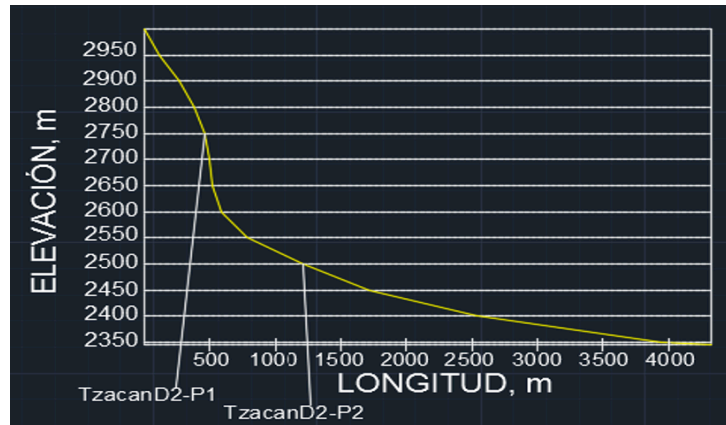
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37: Perfil del río del segundo afluente a la derecha del Tzacán

Río Tzacán 2 - A la derecha		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2950.00	131.00	121.08
2900.00	152.00	143.54
2850.00	128.00	117.83
2800.00	90.00	74.83
2750.00	62.00	36.66
2700.00	44.00	23.75
2650.00	83.00	66.25
2600.00	205.00	198.81
2550.00	436.00	433.12
2500.00	502.00	499.50
2450.00	828.00	826.49
2400.00	1401.00	1400.11
2395.00	381.00	380.97
TOTAL	4449.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 97: Perfil del río del segundo afluente a la derecha del Tzacán



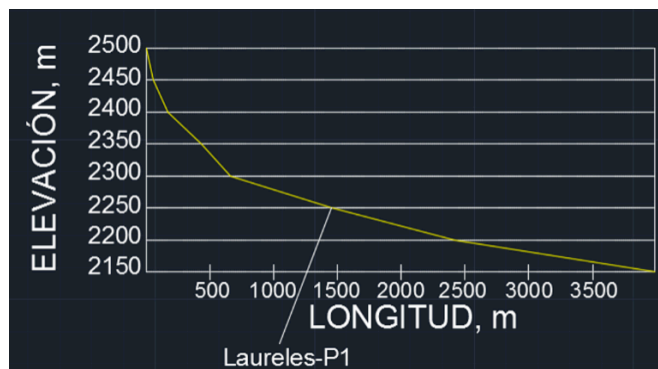
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 38: Perfil del río Quebrada Los Laureles

Río Quebrada Los Laureles		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2450.00	70.00	48.99
2400.00	127.00	116.74
2350.00	270.00	265.33
2300.00	233.00	227.57
2250.00	793.00	791.42
2200.00	967.50	966.21
2150.00	1575.00	1574.21
TOTAL	4035.50	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 98: Perfil del río Los Laureles

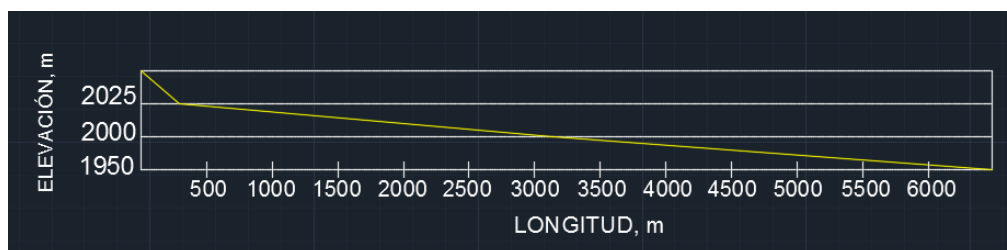


Fuente: Elaboración propia

Cuadro 39: Perfil del Riachuelo Xecoil

Riachuelo Xecoil		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2025.00	291.00	289.92
2000.00	2847.00	2846.56
1950.00	3349.00	3348.63
TOTAL	6487.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración99: Perfil del riachuelo Xecoil

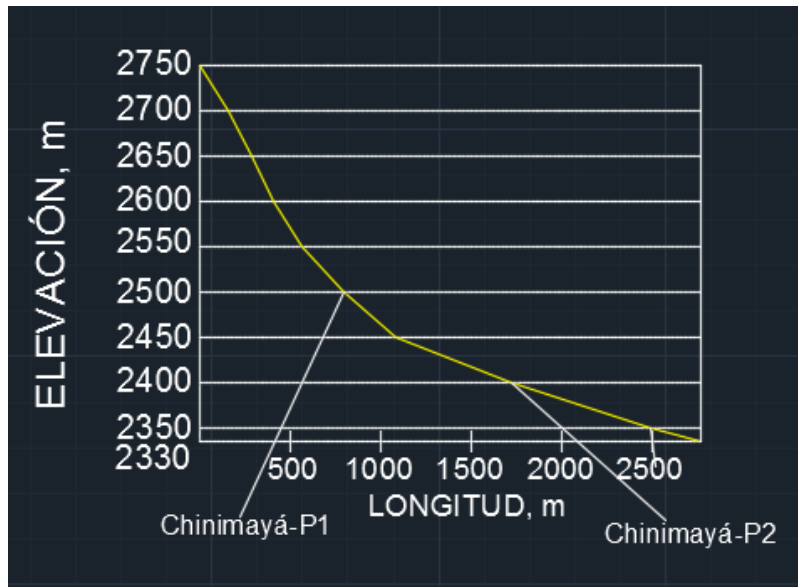
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 40: Perfil del río Chinimayá

Río Chinimayá		
Elevación, m	Longitud del cauce, m	Adyacente, m
2700.00	170.00	162.48
2650.00	138.00	128.62
2600.00	130.00	120.00
2550.00	160.00	151.99
2500.00	240.00	234.73
2450.00	288.00	283.63
2400.00	645.00	643.06
2350.00	766.00	764.37
2335.00	280.00	279.60
TOTAL	2817.00	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración100: Perfil río Chinimayá



Fuente: Elaboración propia

3. Estimación del potencial de los afluentes. La pendiente media de la subcuenca del Río Pixcayá utilizando el método de Taylor y Schwarz dio como resultado un 4.21% el cual se establece como baja. Los coeficientes de escorrentía brindados por las tablas de (Aparicio, 1999) se consideraron de la siguiente manera: para las áreas construidas es de 0.70, para la agricultura limpia (maíz, frijol, fruticultura, etc.) es de 0.50, para bosques (coníferas, latifoliadas, matas cafetaleras y bosques mixtos) es de 0.30 y finalmente para horticultura y ornamentales es de 0.50. Para obtener del resultado del coeficiente se debe de multiplicar el área de cada uso del suelo por el coeficiente y sumar todos los resultados. De esta manera se obtuvo que el coeficiente del uso del suelo antiguo es de 60.001, mientras que el coeficiente del uso del suelo actual es de 70.923 teniendo un 15.40% de variación.

La pendiente media de la subcuenca del río Xayá utilizando el mismo método mencionado anteriormente es de 8.22% siendo una pendiente media-baja. Los coeficientes utilizados cambiaron a los de la subcuenca Pixcayá debido a que la pendiente media es menor, siendo los siguientes: para las áreas construidas es de 0.70, para la agricultura limpia (maíz, frijol, fruticultura, etc.) es de 0.60, para bosques (coníferas, latifoliadas, matas cafetaleras y bosques mixtos) es de 0.35 y finalmente para horticultura y ornamentales es de 0.60. Finalmente, el coeficiente de escorrentía del uso del suelo antiguo es de 30.19, mientras que el coeficiente del uso del suelo actual es de 30.26 con una variación de 0.21% siendo una variación muy pequeña.

Cuadro 41: Pendiente medio de la subcuenca Pixcayá

Pendiente media subcuenca Pixcayá				
Altura	Longitud	S	raíz(S)	1/raíz(S)
50.00	66.60	0.75	0.87	1.15
50.00	233.55	0.21	0.46	2.16
50.00	247.00	0.20	0.45	2.22
50.00	542.72	0.09	0.30	3.29
50.00	703.00	0.07	0.27	3.75
50.00	860.00	0.06	0.24	4.15
50.00	962.00	0.05	0.23	4.39
50.00	2460.00	0.02	0.14	7.01
50.00	2544.00	0.02	0.14	7.13
50.00	324.00	0.15	0.39	2.55
50.00	1481.00	0.03	0.18	5.44
50.00	2530.00	0.02	0.14	7.11
50.00	2570.00	0.02	0.14	7.17
50.00	5581.00	0.01	0.09	10.57
50.00	2788.00	0.02	0.13	7.47
50.00	272.00	0.18	0.43	2.33
n=	16			
Smed=	0.042			
	4.22	%		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 42: Pendiente medio de la subcuenca Xayá

Pendiente media subcuenca Xayá				
Altura	Longitud	S	raíz(S)	1/raíz(S)
41.00	50.00	0.82	0.91	1.10
50.00	150.00	0.33	0.58	1.73
50.00	163.00	0.31	0.55	1.81
50.00	113.00	0.44	0.67	1.50
41.00	50.00	0.82	0.91	1.10
50.00	76.00	0.66	0.81	1.23
50.00	72.50	0.69	0.83	1.20
50.00	156.00	0.32	0.57	1.77

Continuación de Cuadro 42				
Altura	Longitud	S	raíz(S)	1/raíz(S)
50.00	197.00	0.25	0.50	1.98
50.00	374.50	0.13	0.37	2.74
50.00	627.00	0.08	0.28	3.54
50.00	762.00	0.07	0.26	3.90
50.00	945.00	0.05	0.23	4.35
50.00	1511.00	0.03	0.18	5.50
50.00	2214.00	0.02	0.15	6.65
50.00	4403.00	0.01	0.11	9.38
50.00	4781.00	0.01	0.10	9.78
n=	17			
Smed=	0.08223609			
	8.22360904	%		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 43: Coeficientes de escorrentía del uso de suelo antiguo

Uso del suelo	Área, km ²	"Ci"	A+Ci	Área, km ²	"Ci"	A+Ci
	Xayá			Pixcayá		
Urbano	0.83	0.7	0.581	1.05	0.7	0.735
Hortaliza	0.88	0.6	0.528	0	0.5	0
Fruticultura	0	0.6	0	0.83	0.5	0.415
Café	2.6	0.6	1.56	0	0.3	0
Frutales deciduos	0	0.35	0	1.42	0.3	0.426
Maíz	28.01	0.6	16.806	68.69	0.5	34.345
Frijol	0	0.6	0	0.2	0.5	0.1
Trigo	0	0.6	0	0.7	0.5	0.35
Fresa	0	0.6	0	0.7	0.5	0.35
Pastos cultivados	1.45	0.35	0.5075	0.75	0.3	0.225
Pastos naturales	2.13	0.35	0.7455	1.13	0.3	0.339
Matorral	0	0.35	0	1.2	0.3	0.36
Bosque conifera	0	0.35	0	19.44	0.3	5.832
Bosque mixto abierto	26.21	0.35	9.1735	55.08	0.3	16.524
Bosque latifoliada	0.63	0.35	0.2205	0	0.3	0
Tierras improductivas	0.13	0.55	0.0715	0	0.3	0
Total	62.87			151.19		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 44: Coeficiente de escorrentía del uso de suelo actual

Uso del suelo	Área, km ²	"Ci"	A*Ci	Área, km ²	"Ci"	A*Ci
	Xayá			Pixcayá		
Área construida	2.322	0.700	1.625	2.536	0.700	1.775
Agricultura limpia	34.751	0.600	20.851	118.221	0.500	59.111
Coníferas	19.371	0.350	6.780	10.540	0.300	3.162
Mixto	0	0.35	0.000	22.007	0.3	6.602
Latifoliadas	0.851	0.350	0.298	0.909	0.300	0.273
Horticultura y ornamentales	1.172	0.600	0.703	0	0.500	0.000
Total	58.47			154.21		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 45: Resumen de coeficientes de escorrentía

Coeficiente "C"	
Uso del suelo antiguo	"C"
Xayá	30.1935
Pixcayá	60.001
Uso del suelo actual	
Xayá	30.257
Pixcayá	70.923

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la suposición asumiendo que el volumen del agua es el mismo para ambos casos con la diferencia que en la época de antaño se tenía un mayor caudal en verano y menor en invierno que los actuales. Para la obtención del caudal actual se observaron los datos de precipitaciones de estaciones en zonas cercanas al área de influencia con una altura similar para observar los meses que presentaban una mayor precipitación y como estos variaban a lo largo de los años, ya que se observaron registros de varios años. Se llegó a la conclusión que los meses de mayor precipitación presentan van desde mayo a octubre siendo 180 días. Debido a esto la variación de porcentaje se afectó, aumentando el caudal en los días de invierno debido a que la escorrentía aumenta y disminuye en los días de verano por la falta de infiltración. En la parte de inferior se observa el cambio en cuanto a los caudales según el año hidrológico, como se sabe el promedio de todos los años será muy parecido debido a que el volumen es constante, pero se observa como los caudales actuales aumentan en el invierno y disminuyen en el verano.

Cuadro 46: Caudales antiguos de estación La Presa

Estación La Presa							
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	Promedio
0	3.765	2.323	5.870	11.822	13.900	3.253	6.822
5	2.125	1.484	2.499	4.253	4.289	2.269	2.820
10	1.831	1.346	1.866	2.502	1.986	1.895	1.904
15	1.586	1.261	1.671	1.814	1.430	1.492	1.542
20	1.407	1.209	1.527	1.357	1.112	1.275	1.314
25	1.228	1.159	1.289	1.063	0.953	1.166	1.143
30	1.089	1.112	1.075	0.876	0.794	1.092	1.006
35	1.035	1.085	0.985	0.688	0.715	1.026	0.922
40	0.978	1.053	0.868	0.626	0.635	0.941	0.850
45	0.939	1.030	0.796	0.563	0.556	0.878	0.794
50	0.876	1.000	0.716	0.500	0.477	0.833	0.734
55	0.817	0.971	0.629	0.438	0.477	0.799	0.688
60	0.772	0.939	0.591	0.375	0.397	0.759	0.639
65	0.674	0.901	0.547	0.313	0.397	0.727	0.593
70	0.597	0.842	0.485	0.250	0.318	0.681	0.529
75	0.561	0.804	0.458	0.225	0.238	0.637	0.487
80	0.536	0.771	0.435	0.188	0.238	0.563	0.455
85	0.500	0.695	0.393	0.144	0.159	0.521	0.402
90	0.477	0.626	0.348	0.125	0.159	0.455	0.365
95	0.436	0.540	0.310	0.125	0.159	0.405	0.329
100	0.334	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275	0.210
							1.169

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 47: Caudales antiguos de estación El Tesoro

Estación el tesoro						
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	Promedio
0	2.761	2.014	5.649	4.915	5.141	4.096
5	1.629	1.407	2.034	2.294	1.992	1.871
10	1.475	1.270	1.751	1.756	1.660	1.583
15	1.405	1.133	1.502	1.393	1.519	1.390
20	1.299	1.133	1.323	1.157	1.036	1.190
25	1.131	1.133	1.105	1.045	0.956	1.074
30	1.097	0.994	0.995	1.014	0.895	0.999
35	1.064	0.994	0.965	0.922	0.855	0.960
40	0.999	0.994	0.896	0.901	0.835	0.925
45	0.934	0.994	0.801	0.840	0.805	0.875
50	0.859	0.994	0.801	0.789	0.805	0.849
55	0.809	0.994	0.763	0.789	0.805	0.832
60	0.782	0.904	0.709	0.789	0.775	0.792
65	0.747	0.857	0.709	0.676	0.765	0.751
70	0.747	0.857	0.709	0.676	0.755	0.749
75	0.747	0.857	0.709	0.635	0.734	0.737
80	0.747	0.857	0.621	0.584	0.734	0.709
85	0.747	0.857	0.621	0.584	0.734	0.709
90	0.725	0.857	0.578	0.584	0.734	0.696
95	0.687	0.720	0.537	0.543	0.694	0.636
100	0.629	0.720	0.458	0.481	0.664	0.590
						1.096

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 48: Caudales actuales de estación El Tesoro

Estación La Presa							
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	Promedio
0	3.770	2.333	5.892	11.861	13.907	3.266	6.838
5	2.127	1.491	2.508	4.267	4.291	2.278	2.827
10	1.833	1.352	1.873	2.510	1.987	1.902	1.910
15	1.588	1.267	1.677	1.820	1.430	1.497	1.547
20	1.409	1.214	1.532	1.362	1.113	1.280	1.318
25	1.229	1.164	1.294	1.067	0.954	1.171	1.146
30	1.090	1.117	1.079	0.879	0.795	1.097	1.009
35	1.036	1.090	0.988	0.690	0.715	1.030	0.925
40	0.979	1.058	0.871	0.628	0.636	0.945	0.853
45	0.941	1.034	0.799	0.565	0.556	0.881	0.796
50	0.874	1.001	0.716	0.500	0.475	0.833	0.733
55	0.815	0.971	0.629	0.438	0.475	0.799	0.688
60	0.770	0.939	0.591	0.375	0.396	0.759	0.638
65	0.672	0.901	0.547	0.313	0.396	0.727	0.593
70	0.596	0.842	0.485	0.250	0.317	0.681	0.528
75	0.560	0.804	0.458	0.225	0.237	0.637	0.487
80	0.534	0.772	0.434	0.188	0.237	0.563	0.455
85	0.499	0.695	0.392	0.144	0.158	0.521	0.402
90	0.476	0.626	0.348	0.125	0.158	0.455	0.365
95	0.435	0.540	0.310	0.125	0.158	0.405	0.329
100	0.333	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275	0.210
							1.171

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 49: Caudales actuales de estación El tesoro

Estación El tesoro						
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	Promedio
0	3.077	2.285	6.221	5.408	5.729	4.384
5	1.815	1.596	2.239	2.524	2.220	2.096
10	1.644	1.441	1.928	1.932	1.850	1.688
15	1.566	1.285	1.654	1.532	1.693	1.493
20	1.448	1.285	1.456	1.273	1.155	1.318
25	1.261	1.285	1.217	1.149	1.065	1.209
30	1.223	1.128	1.096	1.115	0.998	1.126
35	1.186	1.128	1.063	1.014	0.953	1.080
40	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931	1.033
45	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897	0.984
50	0.702	0.827	0.646	0.636	0.658	0.704
55	0.661	0.827	0.616	0.636	0.658	0.685
60	0.639	0.751	0.573	0.636	0.633	0.661
65	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625	0.630
70	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616	0.622
75	0.610	0.713	0.573	0.512	0.600	0.606
80	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600	0.591
85	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600	0.577
90	0.592	0.713	0.466	0.471	0.600	0.553
95	0.562	0.599	0.434	0.438	0.567	0.515
100	0.514	0.599	0.370	0.388	0.542	0.434
						1.095

Fuente: Elaboración propia

Se varió el caudal para la cuenca Xayá y se determinó que el caudal de diseño para que se tenga un factor de planta del 60% representa 3.65 veces el caudal que está presente el 95% del año dando como resultado un caudal de 1.2 m/s³. Para la subcuenca del Pixcayá se determinó que el caudal de diseño representa 2.72 veces el caudal presente el 95% del año, dando como resultado un caudal de diseño de 1.4 m/s³ representando un factor de planta del 59% considerándose aceptable. En los anexos

se pueden observar las tablas en donde se determina el factor de planta y la producción de energía utilizando el caudal de diseño.

En la subcuenca del Xayá se tiene que las secciones de los ríos con mayor potencial son los Xayá-P2 con 515.32kW, Tzancán con 558.65 kW, Xayá-P3 con 3667.13 kW y finalmente el punto de la Presa de derivación que involucra toda la subcuenca con un valor de 5575.78 kW siendo este valor el potencial total de la subcuenca Xayá.

La subcuenca del Pixcayá presenta los mayores potenciales en los puntos de control Pixcayá-P1 con 487kW, Pacorral-P1 con 310 kW, Balanya-P2 con 1176.30 con kW y Pixcayá-P2 con 6935.50kW siendo este valor el potencial total de la subcuenca Pixcayá.

Cuadro 50: Potencial de la subcuenca Xayá

Xayá						
Nombre	Área, km ²	Diferencial de altura, m	Peso específico del agua, N/m ³	Caudal, m ³ /s	Potencia, kW	Producción anual, (kW/h) (60%)
TzancánD1-P1	0.330	270	9810	0.005	10.238	53.81
TzancánD1-P2	1.010	470	9810	0.020	72.364	380.34
Tzancán P1	7.19	570	9810	0.125	558.652	2936.27
Chinimayá-P1	0.578	250	9810	0.008	16.603	87.27
Chinimayá-P2	1.99	400	9810	0.038	118.024	620.34
Xayá-P1	1.94	530	9810	0.028	118.139	620.94
Xayá-P2	2.611	630	9810	0.104	515.320	2708.52
TzancánD2-P1	0.338	200	9810	0.005	7.767	40.82
TzancánD2-P2	0.612	450	9810	0.014	49.119	258.17
Laureles-P1	1.17	250	9810	0.017	33.608	176.64
Xayá-P3	30.684	675	9810	0.692	3667.127	19274.42
Presa de derivación	10.014	830	9810	0.856	5575.785	29306.32
Total					10742.7448	56463.87

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 51: Potencial de la subcuenca Pixcayá

Pixcayá						
Nombre	Área, km ²	Diferencial de altura, m	Peso específico del agua, N/m ³	Caudal, m ³ /s	Potencia, kW	Producción anual, (kW/h) (60%)
Xetonox-P1	8.81	350	9810	0.06	173.34	911.10
Pixcayá-P1	12.851	400	9810	0.16	487.09	2560.12
Pacorral-P1	14.92	370	9810	0.11	310.34	1631.15
Balanya-P1	11.435	50	9810	0.08	32.14	168.94
Balanya-P2	27.18	510	9810	0.29	1176.30	6182.62
Sitan-P1	2.413	310	9810	0.02	42.05	221.02
Pachoj-P1	2.02	280	9810	0.01	31.80	167.12
Pachoj-P2	6.57	580	9810	0.06	280.08	1472.12
Pachoj-P3	2.071	680	9810	0.08	407.54	2142.05
Yerbabuena-P1	9.42	350	9810	0.07	185.35	974.18
Intersección del río Balanya	37.463	560	9810	0.53	2331.01	12251.81
Pixcayá-P2	19.06	800	9810	1.10	6935.50	36453.00
Total					12392.5483	65135.23

Fuente: Elaboración propia

4. Índice de potencial por longitud de río. En la parte inferior se establecen las tablas con el diferencial del potencial y los índices de potencia por longitud de río.

Cuadro 52: Índice de potencial por longitud de río subcuenca Xayá

Subcuenca Xayá			
Nombre	Diferencial de potencial	Longitud de río	Índice de potencia/longitud, kW/m
TzancánD1-P1	10.23	733	0.014
TzancánD1-P2	62.12	1257	0.049
Tzancán P1	486.28	4953	0.098
Chinimayá-P1	16.60	838	0.020
Chinimayá-P2	101.42	1699	0.060
Xayá-P1	118.13	2029	0.058
Xayá-P2	279.15	3218	0.087

Continuación Cuadro 52			
Nombre	Diferencial de potencial	Longitud de río	Índice de potencia/longitud, kW/m
TzancánD2-P1	7.76	501	0.016
TzancánD2-P2	41.35	830	0.050
Laureles-P1	33.60	1493	0.023
Xayá-P3	2544.03	6617	0.384
Presa de Derivación	3031.74	4781	0.634

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 53: Índice de potencia por longitud de río subcuenca Pixcayá

Subcuenca Pixcayá			
Nombre	Diferencial de potencial	Longitud de río	Índice de potencia/longitud, kW/m
Xetonox-P1	173.34	5446	0.032
Pixcayá-P1	313.74	8618.87	0.036
Pacorral-P1	310.33	8639.35	0.036
Balanyá-P1	32.14	2379	0.014
Balanyá-P2	1102.10	6586.5	0.167
Sitan-P1	42.05	3757	0.011
Pachoj-P1	31.79	2607	0.012
Pachoj-P2	248.28	6950	0.036
Pachoj-P3	95.66	1556	0.061
Yerbabuena-P1	185.34	5868	0.032
Intersección del Río Balanyá	1533.58	4849	0.316
Pixcayá-P2	2835.29946	10425	0.272

Fuente: Elaboración propia

En la subcuenca del Xayá se observa claramente que los ríos con áreas tributarias son las que mayor índice de potencial poseen puesto que presentan un mayor caudal. Los valores oscilan entre 0.014 kW/m y 0.634 kW/m, demostrando que se tiene un potencial considerable para la implementación de proyecto de generación de energía en cadena para obtener una generación considerable. La subcuenca Xayá posee mayor potencial por longitud de río en general que la subcuenca Pixcayá, si bien los caudales son menores posee longitudes del cauce menores.

La subcuenca del Pixcayá posee valores entre 0.011 kW/m y 0.316 kW/m, siendo el punto arriba de la intersección del río Balanyá y el Pixcayá la sección del río con mayor potencial por longitud de río, siendo un punto ideal para la implementación de un proyecto de generación. Esta sección presenta se encuentra en la parte del medio de la subcuenca en donde la pendiente es baja pero el caudal es considerable.

E. Diseño de rueda Poncelet

1. **Aforo para la obtención del caudal.** Aproximadamente a 1 kilómetro de distancia previo al acueducto Xayá-Pixcayá, en el parque ecológico Los Jutes se llevó a cabo un aforo.

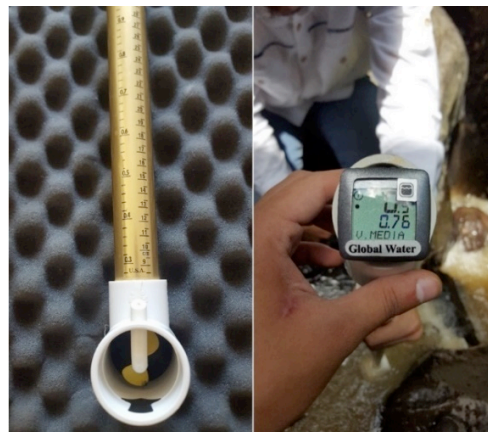
Ilustración 101: Ubicación donde se realizó el aforo



Fuente: Elaboración propia

El aforo se realizó de manera puntual e instantánea haciendo uso de un molinete. Con el cual se mide la velocidad de la corriente sobre una vertical y en varias verticales a lo largo de la sección del río. A la vez que se miden las velocidades, se mide la profundidad de cada vertical y la anchura del cauce lo cual permite que la medición sea más precisa.

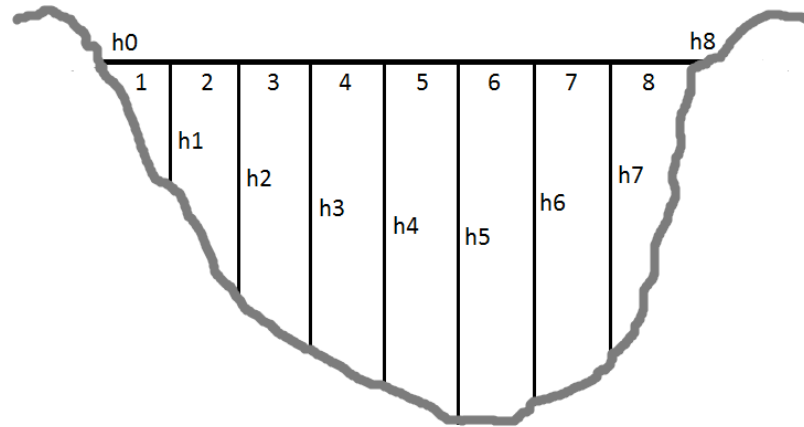
Ilustración 102: Molinete



Fuente: Elaboración propia

Primero se midió el ancho del río el cual resulto ser de 8 metros, por lo que se optó a realizar una medición a cada metro de distancia.

Ilustración 103: Seccionamiento de la subcuenca



Fuente: Elaboración propia.

Luego con el molinete se midió la velocidad y la profundidad en todas las verticales que se obtuvieron al momento de seccionar la subcuenca.

Ilustración 104: Medición de velocidades y profundidades



Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades y profundidades obtenidas en las distintas mediciones son:

Cuadro54: Resultados de medición con el molinete

Medida #	Distancia entre verticales <i>m</i>	Velocidad promedio <i>m/s</i>	Profundidad <i>m</i>
1	1	0.43	0.15
2	1	0.57	0.3
3	1	1.06	0.41
4	1	1.15	0.48
5	1	0.87	0.59
6	1	0.67	0.5
7	1	0.56	0.43

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos tabulados se obtiene una idea general de cómo se comporta el río y se puede proceder a calcular el área de cada sección haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$A_1 = \frac{h_0 + h_1}{2} * L = \frac{0 + 0.15}{2} * 1 = 0.075m^2$$

Luego se calcula la velocidad promedio de cada sección haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$V_{prom1} = \frac{V_0 + V_1}{2} = \frac{0 + 0.43}{2} = 0.215 m/s$$

A continuación, se calcula el caudal promedio por sección con ayuda de la siguiente ecuación:

$$Q_{promedio1} = A_1 V_{prom1} = 0.075 * 0.215 = 0.016 m^3/s$$

El proceso anterior se repite para las 8 secciones del río y se obtiene:

Cuadro55: Resultados obtenidos en el aforo

Sección	Área m^2	Vel. Promedio m/s	Caudal m^3/s
1	0.075	0.215	0.016
2	0.225	0.5	0.113
3	0.355	0.815	0.289
4	0.445	1.105	0.492
5	0.535	1.01	0.540
6	0.545	0.77	0.420
7	0.465	0.615	0.286
8	0.215	0.28	0.060

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se aplica una sumatoria de caudales para determinar el caudal total existente:

$$Q_{total} = \sum Q = 0.016 + 0.113 + 0.289 + 0.492 + 0.540 + 0.420 + 0.286 + 0.060 = 2.216 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{total} = 2.216 \text{ m}^3/s$$

2. Cálculos de diseño para una rueda Poncelet

- Determinar el salto de agua equivalente a la velocidad que posee la corriente de agua con ayuda de la Ecuación 7:

$$h = \frac{v_{chorro}^2}{2g} = \frac{4^2}{2 * 9.81} = \frac{16 \text{ m}^2/s^2}{19.62 \text{ m/s}^2} = 0.815 \text{ m}$$

- Establecer el diámetro exterior de la rueda, según el propósito para el cual esta se vaya a utilizar, haciendo uso del siguiente criterio:

$$3h \leq d_{\text{exterior}} \leq 6h$$

- Haciendo uso de la Ecuación 8 el diámetro exterior de la rueda es:

$$d_{\text{exterior}} = 3h = 3(0.815m) = 2.445m$$

- Definir el diámetro interior de la rueda, el cual está dado por la Ecuación 9:

$$d_{\text{interior}} = d_{\text{exterior}} - h = 2.445m - 0.815m = 1.63m$$

- Establecer el espacio a dejar entre cada una de las paletas que componen a la rueda hidráulica oscila entre:

$$0.95h \leq \text{Espacio}_{\text{paletas}} \leq h$$

- Haciendo uso de la Ecuación 10 el espacio entre las paletas es:

$$0.95h = 0.95(0.815m) = 0.774m$$

- Definir el número de paletas que conformaran a la rueda hidráulica diseñada con ayuda de la Ecuación 11:

$$\text{Numero de palas} = \frac{d_{\text{interior}} \pi}{\text{Espacio}_{\text{palas}}} = \frac{1.63\pi}{0.774} = 6.616 \approx 7 \text{ paletas}$$

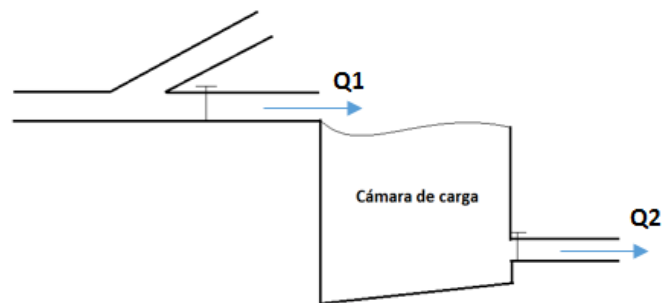
- Determinar las revoluciones por minuto que tendrá la rueda hidráulica con ayuda de la Ecuación 12.

$$\omega = \frac{u_{2x} * 60}{d_{\text{interior}} \pi} = \frac{2 * 60}{1.63\pi} = 23.43rpm$$

3. **Cámara de carga.** Tomando en cuenta las diferentes estaciones del año se plantea establecer una cámara de carga para tener una pequeña reserva en caso de una ligera disminución en el caudal del río, y de esta manera evitar un paro innecesario. Además, la cámara de carga también servirá para evitar que la rueda hidráulica entre en contacto con lodo, basura o algunos sólidos que pueda traer la corriente de agua.

El ingreso de agua a la cámara de carga va a estar controlado con un rebalse y el egreso de la misma, el cual se dirige a la rueda hidráulica va estar regulado con una compuerta. Por lo tanto, se plantea lo siguiente:

Ilustración 105: Cámara de carga



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$$Q_1 = \text{Caudal de entrada}$$

$$Q_2 = \text{Caudal de salida}$$

En el sistema anterior, el área de ingreso de agua es más grande que el área de la salida, con el afán de elevar la velocidad con la que el agua abandona la cámara de carga e ingresa a la rueda hidráulica. Por lo tanto, definiendo el caudal de entrada como el caudal obtenido en el aforo tenemos:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

El área y la velocidad en la entrada de la cámara de carga serán los resultados finales del aforo y la velocidad de salida que se quiere obtener se define como 4m/s. Por lo tanto, el área de salida será de:

$$A_2 = \frac{A_1 V_1}{V_2} = \frac{2.216}{4} = 0.554 m^2$$

Esta área, al igual que la altura que tiene la paleta de la rueda será de utilidad para diseñar el canal de salida. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el canal no puede medir lo mismo que la paleta ya que de ser así estas chocarían. Por lo tanto, se dejarán 5cm de holgura en cada extremo. Entonces el canal tendría una base de:

$$b_{canal} = \frac{A_2}{h_{paleta}} = \frac{0.554}{0.865} = 0.64m$$

Considerando que al momento de que el flujo abandona la cámara de carga este es turbulento, la altura se elevara para evitar fugas. Por lo mismo de que el flujo es turbulento, se deberá instalar la rueda hidráulica a una distancia considerable en la cual el flujo sea laminar.

Para determinar el volumen de la cámara de carga es necesario estimar un tiempo de vaciado y hacer uso de la siguiente ecuación:

$$V_{camara} = Q_1 t = 2.216 m^3/s * 120 s = 265.92 m^3$$

4. Análisis de velocidad a lo largo de la paleta. Este análisis se hará para cuando la velocidad del chorro sea de $4 m/s$ y la compuerta que regula el flujo que abandona la cámara de carga este completamente abierta, permitiendo que el área de la paleta que entra en contacto con el agua sea de $0.440 m^2$. En este análisis se asume que la fricción es despreciable, manteniendo la velocidad relativa (w) constante y tangente a la paleta.

Por lo que las velocidades en la entrada de la paleta son:

$$c_{1x} = 4 m/s \quad c_{1y} = 0$$

$$u_{1x} = \frac{\omega \pi d_{exterior}}{60} = \frac{57.28\pi}{60} = 3 m/s \quad u_y = 0$$

$$w_{1x} = c_1 - u_1 = 4 - 3 = 1 \text{ m/s} \quad w_{1y} = 0$$

Velocidades a la salida de la paleta

$$w_{2x} = w \cos \theta = 1 \cos 124 = -0.559 \text{ m/s} \quad w_{2y} = w \sin \theta = 1 \operatorname{sen} 124 = 0.829 \text{ m/s}$$

$$u_x = \frac{c_{1x}}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m/s} \quad u_y = 0$$

$$c_{2x} = u + w \cos \theta = 2 - 0.559 = 1.44 \text{ m/s} \quad c_{2y} = w \sin \theta = 0.829 \text{ m/s}$$

Diferencial de velocidades en el eje X está dado por la Ecuación 13:

$$\Delta c_x = c_{2x} - c_{1x} = 4 \text{ m/s} - 1.44 \text{ m/s} = 2.56 \text{ m/s}$$

Fuerza ejercida por el fluido sobre la rueda está determinada por la Ecuación 15:

$$F_x = \dot{m} \Delta c_x = A c_1 \rho \Delta c_x = 0.440 \text{ m}^2 * 4 \text{ m/s} * 998 \text{ kg/m}^3 * 2.56 \text{ m/s} = 4496.795 \text{ N}$$

La potencia que genera esta fuerza está dada por la Ecuación 18:

$$P = F_x u_{1x} = 4496.795 \text{ N} * 3 \text{ m/s} = 13487.628 \text{ W}$$

Diferencial de velocidades en Y está dado por la Ecuación 14:

$$\Delta c_y = c_{2y} - c_{1y} = w \sin \theta = 1 \operatorname{sen} 124 - 0 = 0.829 \text{ m/s}$$

La fuerza obtenida en el eje Y se obtiene con la Ecuación 16:

$$F_y = \dot{m} \Delta c_y = A c_1 \rho \Delta c_y = 0.440 * 4 * 998 * 0.829 = 1457.412 \text{ N}$$

La fuerza obtenida en el eje Y no genera ningún trabajo útil ya que no hay desplazamiento alguno en ese sentido y la rueda se encuentra únicamente bajo movimiento circular.

La potencia del chorro se calcula haciendo uso de la Ecuación 19:

$$P_c = \frac{c_1^2}{2} Q \rho = \frac{4^2}{2} * 2.216 * 998 = 17692.554W = 23.72hp$$

El torque que se obtendrá se calcula con ayuda de la Ecuación 17:

$$T = F_x \frac{d_{interior}}{2} = 5661.614 * \frac{1.63}{2} = 4614.2Nm$$

La eficiencia de la rueda se obtiene con ayuda de la Ecuación 20:

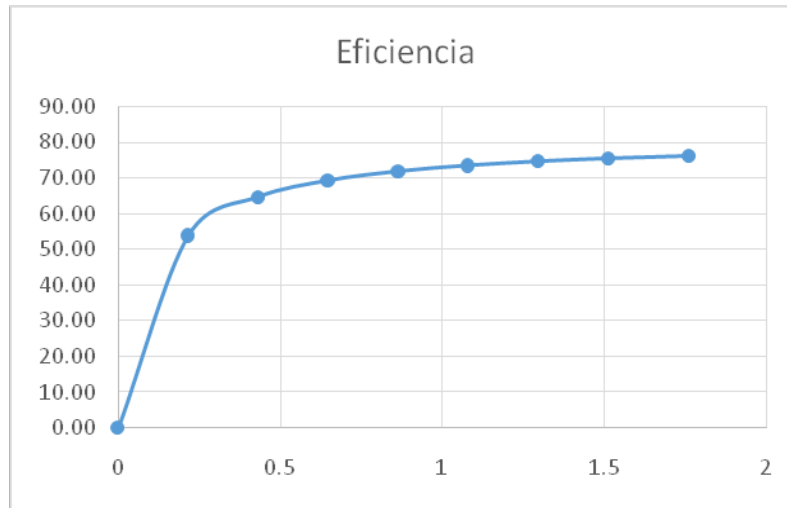
$$n = \frac{P}{P_c} = \frac{13487.628 W}{17692.554 W} * 100 = 76.23\%$$

A continuación, con ayuda de las ecuaciones anteriores se muestra una Gráfica de caudal vs eficiencia y una Gráfica de caudal vs trabajo mecánico. En las cuales la velocidad del chorro se mantiene constante en 4 m/s y únicamente se varia el área de ingreso del agua con ayuda de la compuerta que se encuentra a la salida de la cámara de carga. Los resultados son los siguientes:

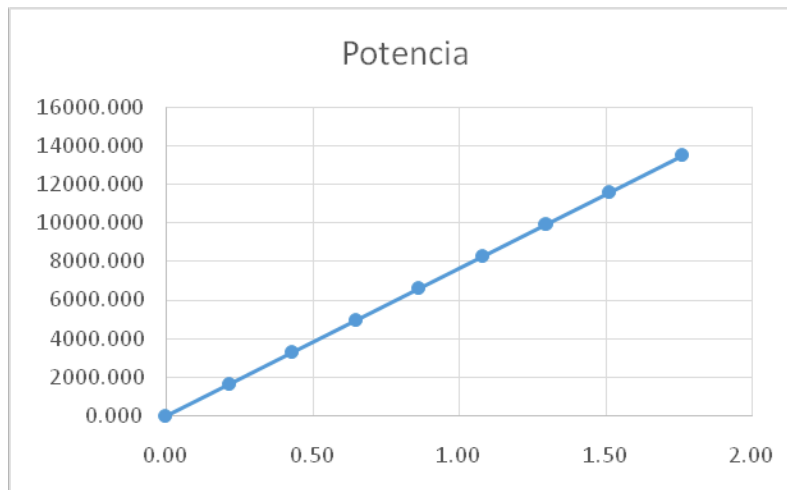
Cuadro 56: Datos de cuando el caudal salda disminuye

Q Paletas m^3/s	Eficiencia %	Potencia W
1.76	76.23	13487.628
1.512	75.57	11584.466
1.296	74.74	9929.542
1.08	73.61	8274.619
0.864	71.97	6619.695
0.648	69.40	4964.771
0.432	64.77	3309.847
0.216	53.98	1654.924
0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfica18: Grafica de caudal vs eficiencia

Fuente: Elaboración propia.

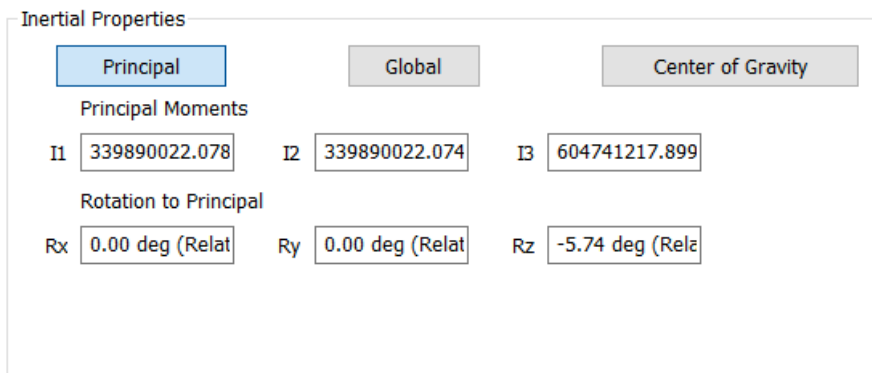
Gráfica 19: Grafica de caudal vs potencia

Fuente: Elaboración propia

5. Momento de inercia de la rueda hidráulica. Hay que tomar en cuenta que para hacer que la rueda hidráulica rote, es necesario vencer la resistencia que este cuerpo presenta a ser acelerado. Por lo que ara obtener el torque a vencer se utilizará la siguiente ecuación:

$$T = I\alpha = I\omega^2 r$$

La inercia de la rueda hidráulica lo facilita el software de Autodesk Inventor 2015 como se muestra en la Ilustración 107.

Ilustración 106: Momento de inercia de la rueda hidráulica

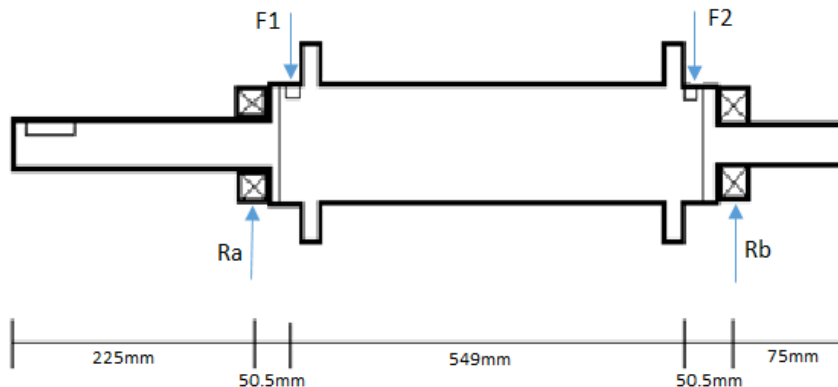
Fuente: Elaboración propia.

Según el software de la inercia de la rueda hidráulica es de $604741217.899 \text{ kg mm}^2 \approx 604.741 \text{ kg m}^2$. Por lo que el torque a vencer es de:

$$T = I\omega^2 r = 604.741 * 2.452^2 * 0.8155 = 2966.363 \text{ Nm}$$

Este torque se logra vencer siempre y cuando la paleta esté sumergida como mínimo 0.66 m y la velocidad del agua que entra en contacto con esta sea de 4 m/s .

6. Diseño del eje de la rueda hidráulica y cálculo de los elementos de apoyo. El diseño del eje de la rueda hidráulica deberá ser capaz de trabajar a una velocidad de giro de 23.42RPM y poder transmitir una potencia de 18.08 hp. El material a utilizar en el diseño del eje será acero inoxidable 304.

Ilustración 107: Bosquejo del eje

Fuente: Elaboración propia.

a. **Cálculo de puntos de apoyo.** Se realiza una sumatoria de fuerzas con respecto al eje Y, ya que las fuerzas que participan en el eje únicamente ejercen carga radial. Esta sumatoria se iguala a cero ya que se busca establecer un balance general en el eje. (Budynas & Nisbett, 2012)

$$\sum F_y = 0$$

$$R_a + R_b - F_1 - F_2 = 0$$

$$R_a + R_b - 5890.179 \text{ N} = 0$$

En este punto se obtiene una ecuación de dos incógnitas por lo que se procede a realizar una sumatoria de momentos respecto a un punto de apoyo. En este caso respecto al punto R_a para conocer la fuerza que tiene el apoyo R_b . (Budynas & Nisbett, 2012)

$$\sum M_{R_a} = 0$$

$$-0.0505 F_1 - 0.5995 F_2 + 0.65 R_b = 0$$

$$(-0.0505)(2945.089) + (-0.5995)(2945.0895) + 0.65 R_b = 0$$

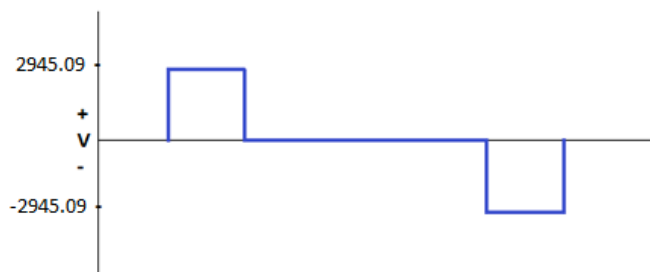
$$R_b = \frac{1914.308}{0.65} = 2945.089 \text{ N}$$

Una vez se conoce el valor de la fuerza que tiene el apoyo R_b , se substituye el valor de este en la ecuación de la sumatoria de fuerzas en Y para conocer la fuerza del soporte en R_a . (Budynas & Nisbett, 2012)

$$R_a = -R_b + F_1 + F_2 = -2945.089 \text{ N} + 5890.179 \text{ N} = 2945.09 \text{ N}$$

Una vez determinadas las magnitudes de las fuerzas que actúan en el eje, se procede a trazar los diagramas de esfuerzos de corte y momento para identificar puntos críticos.

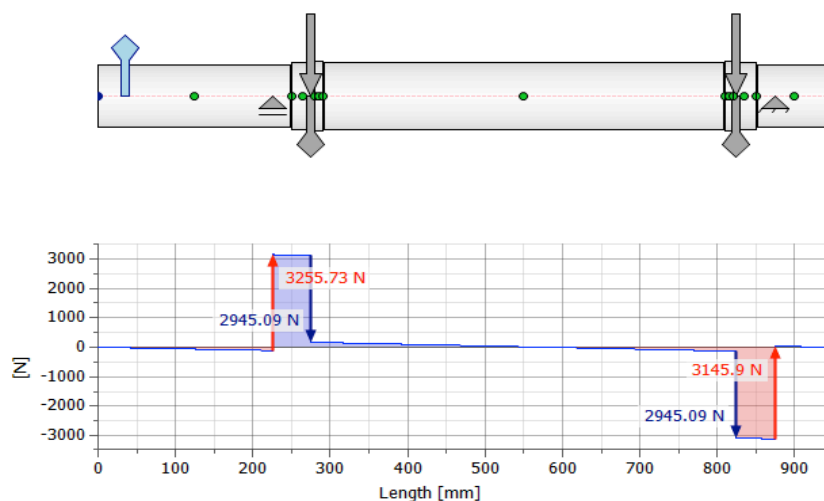
Ilustración 108: Diagrama de esfuerzos de corte



Fuente: Elaboración propia.

Se comprueba el diagrama de esfuerzos de corte haciendo uso del software Autodesk Inventor 2015; en el cual se dibuja el eje a escala y se ingresan los valores de las cargas y de los soportes.

Ilustración 109: Diagrama de esfuerzos de corte por el software Autodesk Inventor 2015



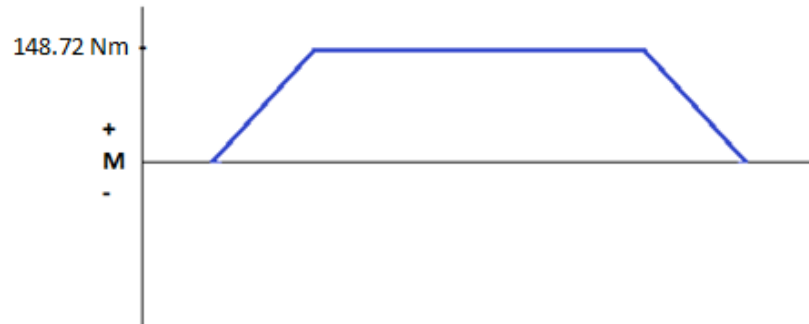
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se calculará el área bajo las curvas obtenidas en el diagrama de esfuerzos de corte estas se irán uniendo de acuerdo el sentido y como resultado obtendremos nuestro diagrama de momentos.

$$A_1 = bh = 0.0505m * 2945.09 N = 148.72 Nm$$

$$A_2 = -148.72 \text{ Nm}$$

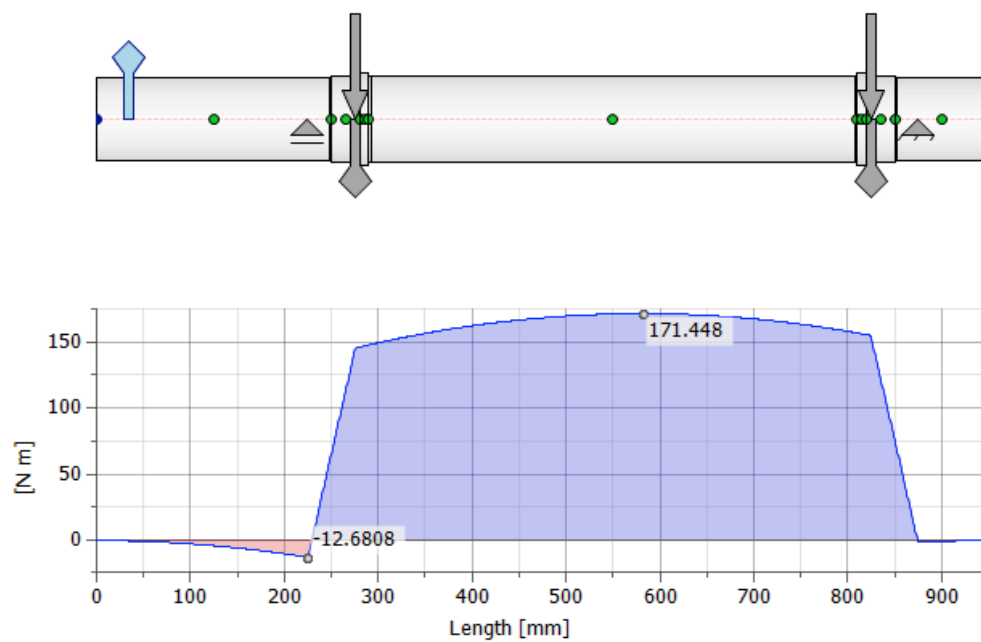
Ilustración 110: Diagrama de momentos



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el diagrama de corte, este se comprueba haciendo uso del software Autodesk Inventor 2015.

Ilustración 111: Diagrama de esfuerzos de momentos por el software Autodesk Inventor 2015



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de momentos nos brinda información sobre cuáles son los puntos críticos en el eje, en este caso será la segunda, cuarta y sexta sección.

El eje se ve sometido a esfuerzos de tensión y compresión, repetidos e invertidos, por lo que para su diseño será necesario estimar el límite de resistencia a la fatiga haciendo uso de la Ilustración 113. Tomando en cuenta que el material a utilizarse en el eje es acero inoxidable 304, el cual cuenta con una resistencia a la fluencia ($S_y = 276\text{MPa} = 40\text{kpsi}$) y una resistencia última a la tensión de ($S_{ut} = 568\text{MPa} = 82.4\text{kpsi}$) según anexo D. (Budynas & Nisbett, 2012).

Ilustración 112: Resistencia a la fatiga teórica

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Como la resistencia última a la tensión es menor a 200kpsi, la resistencia teórica a la fatiga es:

$$S'_e = 0.5S_{ut} = 0.5(82.4\text{kpsi}) = 41.2\text{kpsi}$$

Sin embargo, para obtener el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_e = S'_e k_a k_b k_c k_d k_e k_f$$

Donde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

S'_e = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de tamaño

k_c = Factor de carga

k_d = Factor de temperatura

k_e = Factor de confiabilidad

k_f = Factor de efectos varios

El factor de superficie se obtiene con ayuda de la Ilustración 114, basándose en el acabado superficial de la parte de máquina a analizar. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 113: Factor de superficie

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Por lo tanto, del Cuadro anterior se toman el factor a y el exponente b correspondiente al acabado superficial que tenga el eje, el cual en este caso es maquinado. Luego se substituyen los valores de a y b en la siguiente ecuación:

$$k_a = aS_{ut}^b = 2.7 * 82.4^{-0.265} = 0.838$$

Para calcular el factor de tamaño se estima el diámetro de la sección crítica a analizar haciendo uso de la Ilustración 115. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 114: Factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Se estima que el diámetro de la cuarta sección aproxima a 70mm, por lo que el factor estimado de tamaño es de:

$$k_b = 1.51d^{-0.157} = 1.51 * 70^{-0.157} = 0.775$$

El factor de carga se obtiene haciendo uso del criterio que muestra la Ilustración 116. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 115: Factor de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

En este caso $k_c = 1$ ya que no existen cargas axiales y la torsión esta combinada con otros esfuerzos como la flexión.

El factor de temperatura se obtiene haciendo uso del criterio que muestra la Ilustración 117. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 116: Factor de temperatura

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Dado que la máquina va a trabajar a temperatura ambiente de aproximadamente 20C, en este caso el factor de temperatura sería $k_d = 1$.

El factor de confiabilidad esta dado en base al porcentaje de confiabilidad de la pieza y al criterio que se muestra en la Ilustración 118. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 117: Factor de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Estableciendo un 99.99% de confiabilidad en el eje, se obtiene un factor $k_e = 0.702$.

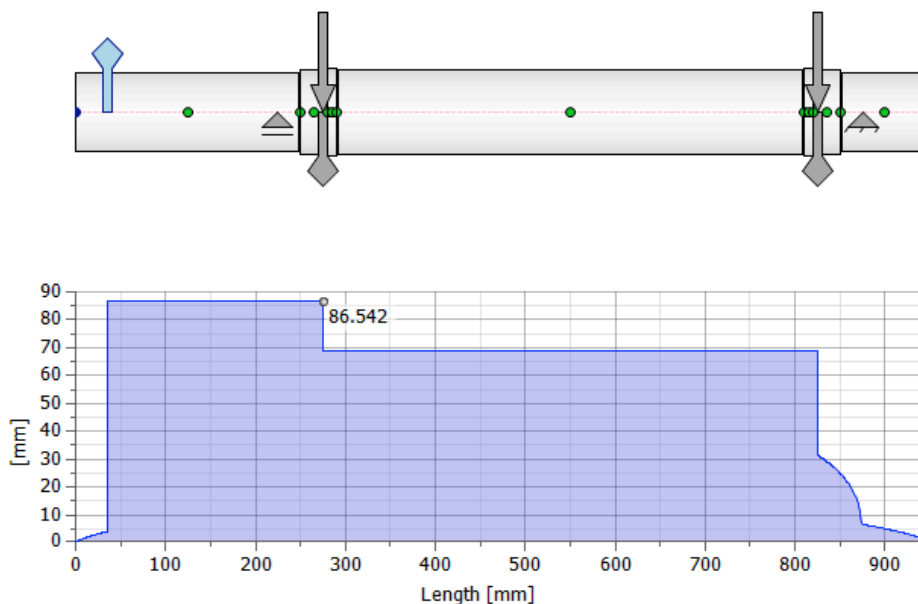
Para el factor de efecto varios, se asumirá un $k_f = 1$.

Una vez calculados todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga, se calcula el límite de resistencia a la fatiga en la cuarta sección (Budynas & Nisbett, 2012)

$$S_e = S'_e k_a k_b k_c k_d k_e k_f = 41.2 * 0.838 * 0.735 * 1 * 1 * 0.702 * 1 = 17.814 \text{ kpsi}$$

Hasta el momento se desconoce los diámetros que tendrán las distintas secciones del eje sin embargo Autodesk Inventor 2015 en la ilustración 119 nos sugiere ciertos diámetros basándose en el bosquejo trazado, las cargas, momentos y el torque que el eje va a transmitir.

Ilustración 118: Diámetros sugeridos por Autodesk Inventor 2015



Fuente: Elaboración propia.

Se tomará en cuenta la sugerencia de diámetros propuesta por Autodesk Inventor 2015 pero se realizarán algunas modificaciones para mantener el eje de acuerdo al bosquejo trazado. Por lo tanto, las medidas para las secciones del eje serán:

Sección 1: $85 \text{ mm} \approx 3.346 \text{ in}$ de diámetro

Sección 2: $90 \text{ mm} \approx 3.543 \text{ in}$ de diámetro

Sección 3: $95 \text{ mm} \approx 3.74 \text{ in}$ de diámetro

Sección 4: $75 \text{ mm} \approx 2.952 \text{ in}$ de diámetro

Sección 5: $95 \text{ mm} \approx 3.74 \text{ in}$ de diámetro

Sección 6: $90 \text{ mm} \approx 3.543 \text{ in}$ de diámetro

Sección 7: $85 \text{ mm} \approx 3.346 \text{ in}$ de diámetro

Ahora para garantizar que el eje es confiable y que este cumple con los requisitos impuestos por el diseñador, se calculara el factor de seguridad del eje haciendo uso de la teoría de falla de ASME elíptica y la teoría de Goodman. (Budynas & Nisbett, 2012)

ASME elíptica:

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{k_f M}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2}}$$

Goodman:

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4 (k_f M)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} [3(T)^2]^{1/2} \right\}}$$

Donde:

n =Factor de seguridad

k_f =Factor de concentración de esfuerzos

M =Momento de la sección

T =Torque de la sección

d =Diámetro

Para determinar el valor del factor de concentración de esfuerzos k_f se hará uso del criterio que se muestra en la Ilustración 120 y este factor se ira modificando conforme la sección del eje que se vaya analizando. (Budynas & Nisbett, 2012)

Ilustración 119: Factor de concentración de esfuerzos

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

Factor de seguridad de la sección 2:

En esta misma sección existe un cuñero fresado y un anillo de retención por lo que el factor de concentración de esfuerzos a utilizar será el más grande, en este caso $k_f = 5$ y como resultado obtenemos un factor de seguridad de:

ASME elíptica

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi 3.543^3} \left[4 \left(\frac{5 \cdot 1265.656 \text{ lb in}}{17814 \text{ psi}} \right)^2 + 3 \left(\frac{32482.237 \text{ lb in}}{40000 \text{ psi}} \right)^2 \right]^{1/2}} = 5.541$$

Goodman

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi 3.543^3} \left\{ \frac{1}{17814 \text{ psi}} [4(5 \cdot 1265.656 \text{ lb in})^2]^{1/2} + \frac{1}{92400 \text{ psi}} [3(32482.237 \text{ lb in})^2]^{1/2} \right\}} = 6.267$$

El análisis de esta sección servirá también para la sección 6 ya que soportan las mismas cargas.

Factor de seguridad de la sección 4:

En este caso no hay concentradores de esfuerzos por lo que $k_f = 1$ y como resultado obtenemos un factor de seguridad de:

ASME elíptica

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi 2.952^3} \left[4 \left(\frac{1 \cdot 1517.442 \text{ lb in}}{17914 \text{ psi}} \right)^2 + 3 \left(\frac{16241.119 \text{ lb in}}{40000 \text{ psi}} \right)^2 \right]^{1/2}} = 6.98$$

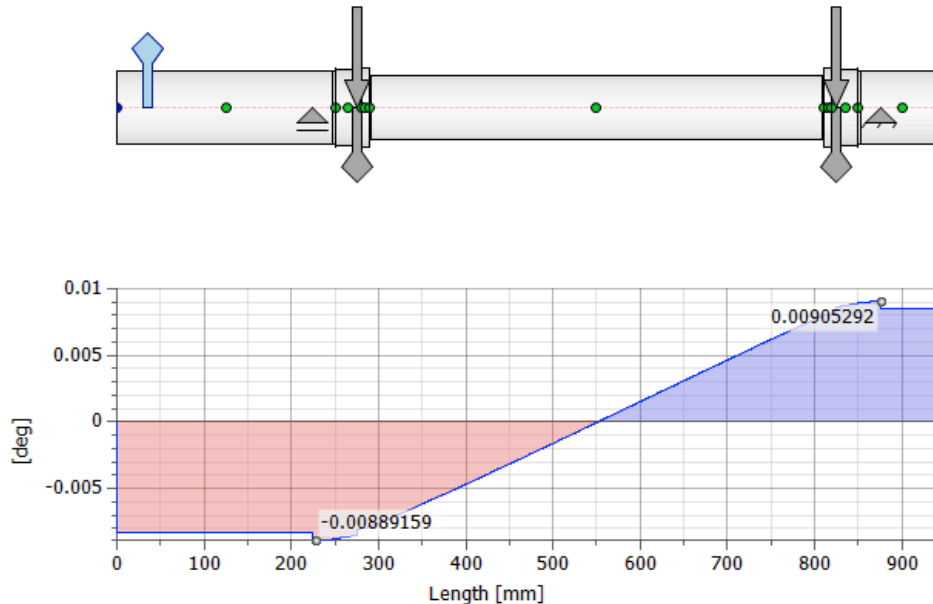
Goodman:

$$n = \frac{1}{\frac{16}{\pi 2.952^3} \left\{ \frac{1}{17914 \text{ psi}} [4(1 * 1517.442 \text{ lb in})^2]^{1/2} + \frac{1}{82400 \text{ psi}} [3(16241.119 \text{ lb in})^2]^{1/2} \right\}} = 9.87$$

Únicamente se analizan estas dos secciones ya que son las más críticas de todo el eje de acuerdo al diagrama de momento. Con este análisis vemos que el factor de seguridad del eje es de 5.5 según la teoría ASME elíptica.

Por ultimo para verificar que no hay ningún problema en el eje, se ingresan los diámetros del eje al software Autodesk Inventor 2015 y esto se muestra en la Ilustración 121 si existe un ángulo de deflexión muy alto en algún punto.

Ilustración 120: Ángulo de deflexión por Autodesk Inventor 2015



Fuente: Elaboración propia.

En este caso el diseño del eje es correcto ya que no existe un ángulo de deflexión alto y se cumple con los requisitos del proyecto.

7. Selección de rodamientos. Considerando que en el eje de la rueda hidráulica únicamente actúan fuerzas radiales, se colocaran rodamientos de bolas. Para determinar qué modelo de rodamiento se utilizará, primero se debe calcular la carga radial pura haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3$$

Donde:

$C_r =$ Carga radial pura

$P_r =$ Carga aplicada

$n =$ revoluciones por minuto

$L_{10h} =$ Horas de vida útil

En este caso por el hecho de que no existen cargas axiales, la carga aplicada P_r será igual a los valores de las reacciones R_a y R_b . Se asume una vida útil para los de 8760 horas y se establecen las RPM previamente encontradas.

Carga radial pura será de:

$$C_r = P_r \sqrt[3]{\frac{60nL_{10h}}{10^6}}$$

$$C_r = 2945.0895 \text{ N} \sqrt[3]{\frac{60 * 23.42 * 8760}{10^6}} = 6800.057 \text{ N} \approx 1528.714 \text{ lbf}$$

Luego se procede a buscar en un catálogo de rodamientos, uno que soporte esta carga y que tenga el mismo diámetro que el eje. En este caso se hará uso de rodamientos de marca SKF por lo cual, según el catálogo, el rodamiento de bolas recomendado a utilizar en los apoyos sería el rodamiento

con designación W 61818. Este rodamiento es capaz de soportar cargas mayores por lo que la vida útil del mismo será muchísimo más larga.

8. Modelado

- Similitud geométrica

Todo el diseño de la rueda se reduce 10 veces su tamaño original.

- Similitud cinemática

Todos los vectores que actúan en el prototipo, se colocan de igual manera en el modelo.

- Similitud dinámica

Para encontrar similitud dinámica se aplicará el teorema de pi buckinham por lo que se debe revisar en anexo E y seguir las recomendaciones correspondientes.

Paso1: Elaboración de lista de parámetros y selección de variable dependiente.

Lista de parámetros importantes: $V_o = f(W, R, \rho, \mu)$ $n = 5$

Paso 2: Elaboración de lista con las dimensiones primarias de cada uno de los n parámetros, apoyarse en anexo E.

$$\begin{array}{cccccc} W & R & \rho & V_o & \mu & P \\ (mL^2t^{-3}) & (L) & (mL^{-3}) & (Lt^{-1}) & (mL^{-1}t^{-1}) & (mL^{-1}t^{-2}) \end{array}$$

Paso 3: Establecer la reducción j como el número de dimensiones primarias y calcular k , el número esperado de π .

Reducción: Las dimensiones primarias presentadas son (m, L, t)

$$j = 3$$

Numero esperado de π :

$$k = n - j = 5 - 3 = 2$$

Paso 4: Hacer uso del anexo E para la búsqueda de parámetros repetitivos

En esta ocasión, los parámetros repetitivos son: W, R, ρ

Paso 5: Generación de grupos adimensionales

Primer parámetro:

$$\pi_1 = V_0 W^{X_1} R^{Y_1} \rho^{Z_1}$$

$$\pi_1 = Lt^{-1} (mL^2 t^{-3})^{X_1} (L)^{Y_1} (mL^{-3})^{Z_1}$$

$$m^0 = m^{X_1} m^{Z_1} \quad L^0 = L^1 L^{2X_1} L^{Y_1} L^{-3Z_1} \quad t^0 = t^{-1} t^{-3X_1}$$

$$0 = X_1 + Z_1 \quad 0 = 1 + 2X_1 + Y_1 - 3Z_1 \quad 0 = -1 - 3X_1$$

$$Z_1 = -X_1 \quad Y_1 = -1 - 2X_1 + 3Z_1 \quad X_1 = -1/3$$

Se aplica el método de sustitución para determinar el valor de las variables de estudio que actualmente son desconocidas.

$$Z_1 = -X_1 \quad Y_1 = -1 - 2X_1 + 3Z_1$$

$$Z_1 = 1/3 \quad Y_1 = -1 - 2(-1/3) + 3(1/3) = 2/3$$

Lo que convierte al primer parámetro (dependiente) en:

$$\pi_1 = V_0 W^{X_1} R^{Y_1} \rho^{Z_1}$$

$$\pi_1 = V_0 W^{-1/3} R^{2/3} \rho^{1/3}$$

$$\pi_1 = V_0 \sqrt[3]{\frac{R^2 \rho}{W}}$$

Segundo parámetro:

$$\pi_2 = \mu W^{X_2} R^{Y_2} \rho^{Z_2}$$

$$\pi_2 = mL^{-1} t^{-1} (mL^2 t^{-3})^{X_2} (L)^{Y_2} (mL^{-3})^{Z_2}$$

$$m^0 = m^1 m^{X_2} m^{Z_2} \quad L^0 = L^{-1} L^{2X_2} L^{Y_2} L^{-3Z_2} \quad t^0 = t^{-1} t^{-3X_2}$$

$$0 = 1 + X_2 + Z_2 \quad 0 = -1 + 2X_2 + Y_2 - 3Z_2 \quad 0 = -1 - 3X_2$$

$$Z_2 = -1 - X_2 \quad Y_2 = 1 - 2X_2 + 3Z_2 \quad X_2 = -1/3$$

Se aplica el método de sustitución para determinar el valor de las variables de estudio que actualmente son desconocidas.

$$Z_2 = -1 - X_2 \quad Y_2 = 1 - 2X_2 + 3Z_2$$

$$Z_2 = -1 - (-1/3) = -2/3 \quad Y_2 = 1 - 2(-1/3) + 3(-2/3) = -1/3$$

Lo que convierte al segundo parámetro (independiente) en:

$$\pi_2 = \mu W^{X_2} R^{Y_2} \rho^{Z_2}$$

$$\pi_2 = \mu W^{-1/3} R^{-1/3} \rho^{-2/3}$$

$$\pi_2 = \mu \sqrt[3]{\frac{1}{WR\rho^2}}$$

Tercer parámetro

$$\pi_3 = PW^{X_3} R^{Y_3} \rho^{Z_3}$$

$$\pi_3 = mL^{-1}t^{-2}(mL^2t^{-3})^{X_3}(L)^{Y_3}(mL^{-3})^{Z_3}$$

$$m^0 = m^1 m^{X_3} m^{Z_3} \quad L^0 = L^{-1} L^{2X_3} L^{Y_3} L^{-3Z_3} \quad t^0 = t^{-2} t^{-3X_3}$$

$$0 = 1 + X_3 + Z_3 \quad 0 = -1 + 2X_3 + Y_3 - 3Z_3 \quad 0 = -2 - 3X_3$$

$$Z_3 = -1 - X_3 \quad Y_3 = 1 - 2X_3 + 3Z_3 \quad X_3 = -2/3$$

Se aplica el método de sustitución para determinar el valor de las variables de estudio que actualmente son desconocidas.

$$Z_3 = -1 - X_3 \quad Y_3 = 1 - 2X_3 + 3Z_3$$

$$Z_3 = -1 - (-2/3) = -1/3 \quad Y_3 = 1 - 2(-2/3) + 3(-1/3) = 4/3$$

Lo que convierte al tercer parámetro (independiente) en:

$$\pi_3 = PW^{X_3} R^{Y_3} \rho^{Z_3}$$

$$\pi_3 = PW^{-2/3} R^{4/3} \rho^{-1/3}$$

$$\pi_3 = P \sqrt[3]{\frac{R^4}{W^2 \rho}}$$

Paso 6: Relación funcional final

$$\pi_1 = (\pi_2, \pi_3)$$

$$V_o \sqrt[3]{\frac{R^2 \rho}{W}} = \left(\mu \sqrt[3]{\frac{1}{WR\rho^2}}, P \sqrt[3]{\frac{R^4}{W^2 \rho}} \right)$$

Una vez se tienen todos los parámetros, se procede a realizar las igualaciones para determinar las magnitudes correspondientes de los vectores que participaran en el modelo.

Primer parámetro

$$\pi_1 = V_o \sqrt[3]{\frac{R^2 \rho}{W}}$$

Se igualan el parámetro del prototipo y el modelo en donde:

m = Subíndice correspondiente a modelo

p = Subíndice correspondiente a prototipo

$$V_{Op} \sqrt[3]{\frac{R_p^2 \rho_p}{W_p}} = V_{Om} \sqrt[3]{\frac{R_m^2 \rho_m}{W_m}}$$

$$V_{Op} \sqrt[3]{\frac{0.815^2 * 998}{13487.628}} = V_{Om} \sqrt[3]{\frac{0.082^2 * 998}{13487.628}}$$

Se despeja V_{Om} para conocer la velocidad que deberá tener el agua que entra en contacto con el modelo

$$V_{Om} = \frac{V_{Op} \sqrt[3]{\frac{R_p^2 \rho_p}{W_p}}}{\sqrt[3]{\frac{R_m^2 \rho_m}{W_m}}} = \frac{4 \sqrt[3]{\frac{0.815^2 \cdot 998}{13487.628}}}{\sqrt[3]{\frac{0.082^2 \cdot 998}{13487.628}}} = \frac{1.465}{0.079} = 18.48 \text{ m/s}$$

Segundo parámetro

Determina la viscosidad dinámica que debe poseer el agua con la que se va poner a prueba el modelo.

$$\pi_2 = \mu \sqrt[3]{\frac{1}{WR\rho^2}}$$

$$\mu_p \sqrt[3]{\frac{1}{W_p R_p \rho_p^2}} = \mu_m \sqrt[3]{\frac{1}{W_m R_m \rho_m^2}}$$

$$\mu_m = \frac{\mu_p \sqrt[3]{\frac{1}{W_p R_p \rho_p^2}}}{\sqrt[3]{\frac{1}{W_m R_m \rho_m^2}}} = \frac{0.001002 \sqrt[3]{\frac{1}{13487.628 \cdot 0.815 \cdot 998^2}}}{\sqrt[3]{\frac{1}{13487.628 \cdot 0.082 \cdot 998^2}}} = 0.00046603 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

Tercer parámetro

Busca encontrar la presión que debe tener el agua con la que va funcionar el modelo, tomando en cuenta que el prototipo se tiene pensado que funcione a presión atmosférica.

$$\pi_3 = P \sqrt[3]{\frac{R^4}{W^2 \rho}}$$

$$P_p \sqrt[3]{\frac{R_p^4}{W_p^2 \rho_p}} = P_m \sqrt[3]{\frac{R_m^4}{W_m^2 \rho_m}}$$

$$P_m = \frac{P_p \sqrt[3]{\frac{R_p^4}{W_p^2 \rho_p}}}{\sqrt[3]{\frac{R_m^4}{W_m^2 \rho_m}}} = \frac{101325 \sqrt[3]{\frac{0.815^4}{13487.628^2 \cdot 998}}}{\sqrt[3]{\frac{0.082^4}{13487.628^2 \cdot 998}}} = 2165251.198 \text{ Pa}$$

F. Metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua

1. **Ecuación para proyectar el costo por bombeo.** La determinación del precio de la energía eléctrica tuvo un gran cambio en Guatemala a partir del año 2010. Esto se debe a que por primera vez entra en consideración las licitaciones para la adquisición de potencia y energía eléctrica por parte de las distribuidoras, esto con fin de poder optar por el mejor precio al usuario final y hacer del proceso un evento transparente. El artículo 62 de la Ley General de Electricidad respalda al proceso de licitar y adjudicar la compra de electricidad, así mismo aclara que es de acceso público la información resultante de los eventos realizados. Las ventajas del nuevo sistema adoptado se empezaron a reflejar en el año 2015, porque la licitación se realiza con 5 años de anterioridad antes proveer lo adjudicado y la primera convocatoria fue en el año 2010.

La idea de realizar licitaciones va de la mano con el Plan de Expansión de Generación, que fue iniciativa del Ministerio de Energía y Minas, aprobado en el 2012. En Guatemala ha habido tres licitaciones de adquisición de potencia y energía a largo plazo, conocidas como PEG 1-2010, PEG 2-2012, PEG 3-2013, donde las siglas PEG vienen por *plan de expansión de generación*. De entrada, es importante recalcar que se desea la incorporación de energías renovables, siendo estas manifestadas en la matriz energética.

PEG1-2010, fue la primera licitación a largo plazo realizada y fue la primera vez en que las empresas distribuidoras tenían que hacerlo para comprar la energía y potencia. En esta licitación el objetivo fue contratar 800 MW de potencia. El resultado de la licitación no fue la totalidad que se tenía prevista, sino que solo 196 MW fueron adjudicados (Figueroa Nimatuj, 2015). Participaron 48 participantes en la licitación, de los cuales se adjudicaron 43 centrales que no estaban anteriormente y 5 que ya estaban en operación. Al final se adjudicaron 16 plantas. Lo adjudicado comenzó a ser suministrado en el 2015 y se tiene previsto que plantas con energía renovable tienen capacidad de proveer por 15 años y plantas con energía no renovable únicamente 5 años. El precio osciló entre los \$89 MWh hasta \$216MWh para PEG 1-2010, donde se considera la siguiente expresión:

minimizar $\{ \sum (PG_{ik} * PPG_k) + (EG_{jk} * PEO_{jk}) \}$, donde PG_{ik} representa la potencia garantizada (MW) de cada central en cierto año i , PPG_k , es el precio de potencia en \$/KW-mes para la planta en cuestión (hay que hacer la conversión de MW a KW), EG_{jk} es la energía que se garantiza proveer (MWh) cada mes para una central, PEO_{jk} es el precio de la esta energía en \$/MWh para cierto mes de la central analizada. Es importante ver siempre la consideración que da esencia a las licitaciones: integración de potencia y energía.

El año 2012 se dio lugar a la segunda licitación a largo plazo en la historia del país, esta se conoce como PEG 2-2012. Aquí una vez más el objetivo es la participación de las distribuidoras en la licitación para contratar potencia y energía eléctrica. El monto a contratar fue de 600 MW, que fue lo que

no se logró en PEG 1-2010. Centrales con recursos renovables y no renovables participaron, donde las centrales nuevas podían empezar labores desde el 1 de mayo de 2015 o hasta el año 2020 con un plazo de 15 años, plantas ya trabajando quedaron en que el 1 de mayo de 2015 empezaban su suministro, teniendo un plazo de 15 años también. Las centrales con recursos no renovables son las que más castigo tienen porque solo se permitió una adjudicación por un año máximo de 5 años plazo y considerando que el suministro comenzaba el 1 de mayo de 2015. Las licitaciones fueron a sobre cerrado, donde se ofreció el mejor precio y a su vez se consideró un precio máximo de acuerdo a cada tipo de generadora. Los resultados fueron: precios que oscilan entre \$105/ MWh hasta aproximadamente \$210/ MWh y con una adjudicación final de 421.16 MW (Nimatuj, 2015). La Ilustración 122 muestra el precio máximo de acuerdo a cada tipo de generadora.

Ilustración 121: Precio máximo de acuerdo a cada tipo de generadora

Oferta Virtual por tipo de fuente primaria	Precio Máximo (US\$ / MWh)
Gas Natural	135,80
Bunker	221,80
Carbón	111,90
Biomasa	124,50
Hidráulica	131,40
Eólica	136,50
Solar	203,90
Mixta (Biomasa / carbón)	94,80
Para plantas catalogadas como Generación Distribuida Renovable	125,00

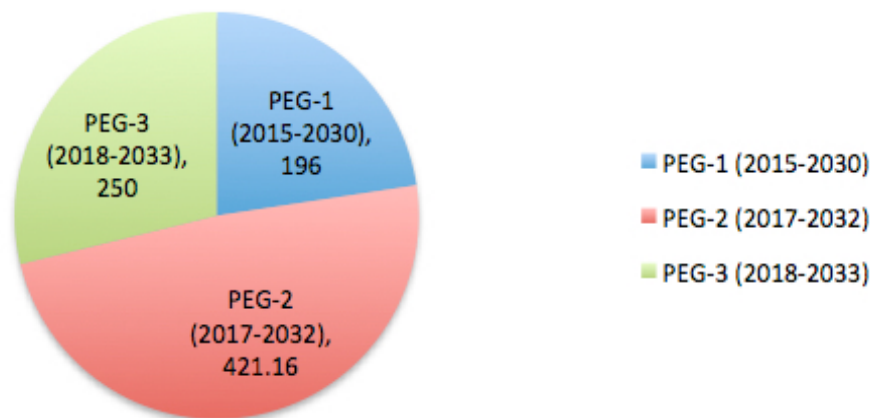
Fuente: Resolución CNEE-266-2012

Finalmente se llega al tercer proceso de licitación a largo plazo de energía y potencia eléctrica que ha ocurrido en Guatemala, PEG 3-2013. Fue un proceso distinto a los dos anteriores, donde su objetivo principal era la adjudicación de 250 MW que restaban desde PEG 1-2010. Para esto de una vez dentro de su objetivo se aclara que se desea el mejor precio posible (este siendo el más bajo) y que cualquier tipo de energía se puede contratar, eso significando que tanto generados con recursos renovables y no renovable pudieron participar sin mayor problema. Esto es el primer cambio notorio, ahora bien, el segundo cambio significativo fue el proceso de licitación. Anteriormente se realizaron licitaciones a sobre cerrado, pero en PEG 3-2013 eso cambió, la forma de licitar fue por medio de subastas. El propósito de la subasta fue tener un precio inicial e ir en rondas sucesivas donde se disminuyó cada vez el precio ofertado. El ingreso de la información era computarizado y así cada vez se quedaban los oferentes con capacidad de cumplir con el precio siendo subastado. El inicio de suministro se registró ya sea para el 1 de mayo de 2017 o bien hasta el 1 de mayo de 2018. Fue un evento donde hubo 65 oferentes representado a varias generadoras, de las cuales 25 fueron adjudicadas con precios

oscilando aproximadamente entre los \$80/MWh hasta \$140/MW (Nimatuj, 2015). En esta ocasión se logró la adjudicación deseada de 250 MW.

Gráfica 20: Resultado de licitaciones de potencia y energía

Licitaciones de potencia y energía, MW



Fuente: Elaboración propia.

Esas son las licitaciones que ha habido hasta el momento, donde en cada una de ellas se adjudicaron una cantidad de energía y potencia. Para cada una ha habido un precio distinto de adjudicación, pero siempre la meta fue garantizar el precio más accesible para el usuario final. Las licitaciones son algo complicado de comprender porque cada una tiene un precio establecido y se traslapan en el tiempo, por ejemplo, el plazo de PEG 1-2010 es de 2015 a 2030, PEG 2-2012 de 2017 a 2032 y PEG 3-2013 de 2018 a 2033. Un buen parámetro de referencia para la metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua es tener un costo de \$95/MWh de generación, \$50/MW por el costo de potencia, \$35/MWh debido al costo del peaje y \$12/MWh el costo de distribución para el año 2016. Para el año 2030 el costo de generación se puede estimar con \$115/MWh, el costo de potencia alrededor \$70/MW, \$35/MWh debido al costo del peaje y \$20/MWh el costo de distribución.

Estos datos tienen como propósito dar el valor del KWh. Para lograr esto la primera parte es pasar a la moneda local los costos y posteriormente aplicar los factores de conversión entre MW a KW. Para el año 2016 resultó un valor de Q1.443/KWh y para el año 2036 un valor de Q1.804/KWh (en el Cuadro 57 se puede apreciar la obtención de estos valores).

Cuadro 57: Obtención del costo del KWh para el año 2016 y 2030

Año 2016				
Costo de generación=	95	\$/MWh	Q0.714	Q/KWh
Costo de potencia=	50	\$/MWh	Q0.376	Q/KWh
Costo de peaje=	35	\$/MWh	Q0.263	Q/KWh
Costo de distribución=	12	\$/MWh	Q0.090	Q/KWh
			Q1.443	Q/KWh
Tipo de Cambio de Referencia al 21/09/2016		7.51485	ver detalles	

Año 2036				
Costo de generación=	115	\$/MWh	Q0.864	Q/KWh
Costo de potencia=	70	\$/MWh	Q0.526	Q/KWh
Costo de peaje=	35	\$/MWh	Q0.263	Q/KWh
Costo de distribución=	20	\$/MWh	Q0.150	Q/KWh
			Q1.804	Q/KWh

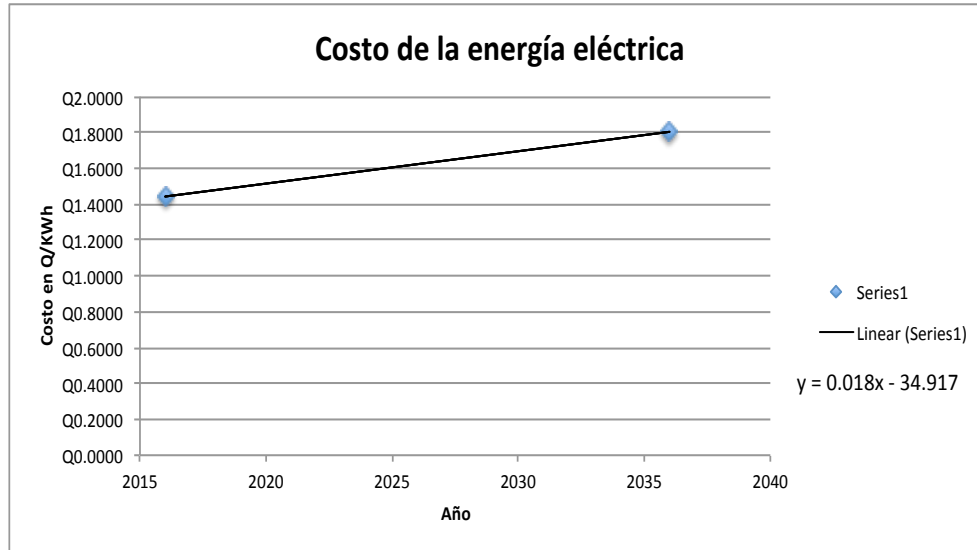
Fuente: Elaboración propia.

Con ambos valores obtenidos, se puede obtener la ecuación de la recta que proyecta el costo de la energía a futuro (ver Gráfica 22). La ecuación resultó ser $y = 0.01803564x - 34.92$, donde x es el año (período) en cuestión, y el resultado de la ecuación da el costo en Q/KWh. El propósito de obtener el costo de la energía eléctrica radica en poder estimar el costo asociado por bombeo requerido, que no es nada más que la potencia del equipo multiplicada por el tiempo de bombeo por el costo de la energía.

Ecuación 21: Ecuación para proyectar el costo de energía eléctrica

$$y = 0.01803564x - 34.92$$

Gráfica 21: Variación del costo de la energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia.

2. Ecuación para proyectar los costos por mantenimiento. La inflación se define como el aumento de precio de tanto bienes y servicios conforme el paso del tiempo (Banco de México, 2012). Esto hace referencia a que se disminuye el poder adquisitivo de la gente debido que se puede comprar menos por el valor de la moneda. En Guatemala, el Banco de Guatemala es el encargado de la política monetaria y tiene que ver en la regulación de este fenómeno. En lo que respecta al año 2016, se ha marcado un aumento en la inflación. Se empezó con el 4.38% en enero y para julio (fecha hasta donde el BANGUAT tiene registro) se iba por el 4.62% de inflación (Banco de Guatemala, 2016).

Analizar la fluctuación de precios de todos los productos en la economía es algo sumamente laborioso y difícil, además. Por eso mismo el indicador oficial de la inflación corresponde a los índices de precios al consumidor. El IPC es un dato estadístico que analiza las fluctuaciones de precios (alzas y bajas) de productos relacionados a la canasta básica familiar, que es todo es conjunto de bienes y servicios mínimos que se consumen y requieren en un hogar.

El registro que se lleva de la inflación es mensual, interanual y acumulada. En el portal electrónico del Banco de Guatemala se puede encontrar un registro mensual de la inflación desde el año 1996 hasta el mes de julio de 2016. Los precios varían mucho, mientras unos tienen un alza, otros tienen un descenso; de esa cuenta es entendible llevar un registro mensual.

La inflación se considera para comprender la variación del precio del mantenimiento durante la vida útil del pozo. El criterio empleado fue tomar los registros mensuales de la inflación de la página

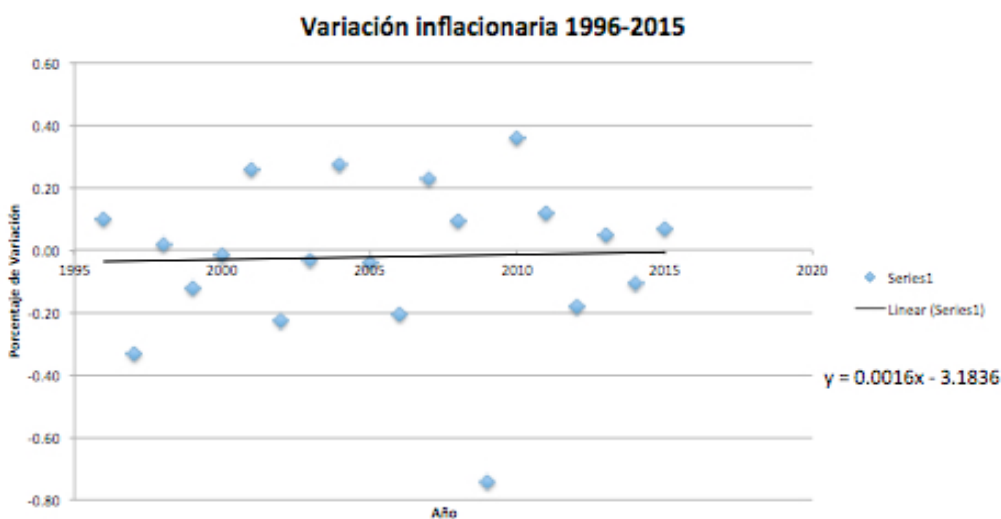
web del BANGUAT desde el año 1996 hasta el año 2015 (ver anexo B). Una vez cargados estos datos a la hoja de cálculo se procedió a encontrar las variaciones de inflación entre cada mes (ver Cuadro 58). A estas variaciones entre cada mes finalmente se le sacó un promedio que responde a la variación promedio para el año en cuestión. Estos datos fueron graficados, siendo la variable independiente el año y la variable dependiente la inflación promedio de cada año. El gráfico de dispersión una vez realizado permite sacar una línea de tendencia que se ajusta al comportamiento histórico desde 1996 (ver Gráfica 23).

Cuadro58: Ejemplo de obtención de variaciones mensuales

<i>Periodo</i>	<i>1996</i>	<i>Variación</i>
Enero	9.76	
Febrero	10.83	1.07
Marzo	11.48	0.65
Abril	11.95	0.47
Mayo	11.02	-0.93
Junio	10.34	-0.68
Julio	11.6	1.26
Agosto	12.03	0.43
Septiembre	11.77	-0.26
Octubre	10.64	-1.13
Noviembre	10.44	-0.2
Diciembre	10.85	0.41
<i>Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). / promedio=</i>		0.09909091

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 22: Gráfico de dispersión de variaciones y tendencia



Fuente: Elaboración propia.

La ecuación resultante fue: $y = (0.0016 * \text{Año} - 3.1836)$, donde y representa el aumento en inflación pronosticado para el año en cuestión. Al resultado se le tiene que sumar 1, porque la inflación tiene que ser un factor de aumento. Para completar la ecuación se multiplica el valor de mantenimiento que se desea analizar. Esto deja la expresión final de la siguiente forma:

$y = \left(\left((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1 \right) * \text{valor de mantenimiento} \right) * -1$. La variable *año*, es el período donde se está analizando el valor de mantenimiento afectado por la inflación. La variable *valor de mantenimiento* es el costo de mantenimiento en el año 0, el cual se quiere proyectar a futuro. La multiplicación final de -1 es para efectos de análisis financiero porque hace que se represente como un egreso.

Ecuación 22: Ecuación para proyectar los costos por mantenimiento

$$y = \left(\left((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1 \right) * \text{valor de mantenimiento} \right) * -1$$

La razón de obtener la predicción de esta forma es ligar el comportamiento mensual de la variación de precios de bienes y servicios, siendo esta base de registro la más pequeña disponible. Segundo, si se toman únicamente valores de inflación interanuales el comportamiento es descendente, lo cual es correcto en vista a que el porcentaje de inflación ha disminuido en los últimos años. Lo que no es correcto es utilizar una ecuación de tendencia con este comportamiento para predecir una inflación futura porque se caería en una deflación para el año 2036, en otras palabras, sería una inflación negativa. En Guatemala este comportamiento no ha sido común, como para que se pueda justificar este comportamiento; únicamente 5 meses en el año 2009 mostraron una deflación, de ahí en adelante el comportamiento ha sido inflacionario. Es por eso que se partió de la variación mensual y posteriormente del promedio de estas variaciones para obtener el ritmo inflacionario anual. Ahora esta tendencia si es más razonable, es positiva y de incremento estable, que es para donde la política monetaria apunta.

Este método es personal, en vista a que no hay una forma establecida para predecir la inflación a largo plazo por lo mismo que es un parámetro que está sujeto a muchas cosas y que fluctúa severamente. Por lo tanto, para tener un acercamiento más estadístico y formal acerca de la ecuación, se procedió a realizar una recta de mejor ajuste por el método de proyección con mínimos cuadrados de forma manual para comparar lo que se obtuvo. De manera positiva, la ecuación resultante en efecto fue similar a la Microsoft Excel. En el anexo A se puede apreciar el procedimiento realizado.

Realizando el método de mínimos cuadrados manualmente, la ecuación obtenida fue:

$y = (0.0015188 * \text{Año} - 3.067947)$, donde *y* representa el aumento en la inflación para el año de interés y el *año* es cualquier año a partir del 2016 que entre dentro de la vida útil (contemplada de 20 años) donde se quiere evaluar el aumento en el costo del mantenimiento. Así como en la primera ecuación que se obtuvo, se tiene que sumar 1 para que la inflación sea en efecto un factor de aumento, posteriormente ya se puede multiplicar el costo del mantenimiento que se quiere analizar para cualquier alternativa.

La ecuación final resulta así:

$$y = \left(\left((0.0015188 * \text{Año} - 3.067947) + 1 \right) * \text{valor de mantenimiento} \right) * -1, \quad \text{donde } y$$

representa el valor del mantenimiento pronosticado a futuro a raíz de la inflación. La variable *año*, es el período donde se está analizando el valor de mantenimiento afectado por la inflación. La variable *valor de mantenimiento* es el costo de mantenimiento en el año 0, entiéndase 2016, para cualquier mantenimiento que se quiere analizar en las alternativas planteadas y cuyo costo se quiere proyectar. La multiplicación final de -1 es para efectos de análisis financiero porque hace que se represente como un egreso.

Para tener un parámetro de cómo está la ecuación resultante, se evaluó lo que el Banco de Guatemala en su *INFORME DE POLÍTICA MONETARIA A MARZO DE 2016*, expone acerca de la inflación. Se “destacó que tanto los pronósticos como las expectativas de inflación para 2016 y para 2017 anticipan que la inflación se mantendría en torno al valor de la meta de inflación, que es de 4% +/- 1 punto porcentual (Banco de Guatemala, 2016). Lo que se hizo fue evaluar las ecuaciones de tendencia obtenidas (no finales) para el año 2017, obtener el porcentaje de variación y sumarlo a la inflación que se registra para el 2016.

Para julio de 2016, según el Banco de Guatemala (2016), se registra una inflación promedio de 4.34%. La ecuación 1 es $y = (0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + \text{Inflación promedio 2016}$, recuperada con el método personal. La ecuación 2 es $y = (0.0015188 * \text{Año} - 3.067947) + \text{Inflación promedio 2016}$, obtenida por medio del método de mínimos cuadrados. El resultado fue 4.38% de inflación con la ecuación 1 y 4.34% de inflación con la ecuación 2 (ver Cuadro 59). Ambos valores están dentro de la inflación pronosticada por el Banco de Guatemala para el año 2017, lo que muestra confiabilidad respecto a las ecuaciones obtenidas para evaluar el incremento en los costos por mantenimiento debido a la inflación.

Cuadro 59: Evaluación de ecuaciones para el año 2017

Chequeo de ecuaciones					
<i>Ecuación 1, método personal. $y=0.0016*\text{Año}-3.1836$</i>	=	$(0.0016*2017-3.1836)+4.34$	=	4.38	%
<i>Ecuación 2, método de mínimos cuadrados, $y=0.0015188*\text{Año}-3.067947$</i>	=	$(0.0015188*2017-3.067947)+4.34$	=	4.34	%

Fuente: Elaboración propia.

3. Metodología del cálculo del costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea. La metodología para esta opción tiene tres aspectos importantes a considerar. El primero es la variación del costo de la energía eléctrica a futuro. Esto es porque el pozo requiere de bombeo para poder extraer el agua, por lo tanto, se necesita contemplar el costo de la energía. El segundo aspecto importante a considerar es el aumento en los costos por mantenimiento conforme se avanza en la vida útil del proyecto, que se espera un alza en los precios a futuro. Tercero es el descenso del nivel del manto freático, ya que viene a incidir en costo por bombeo.

La vivienda que se propone cuenta con cinco habitantes, promedio que fue registrado en el informe Características de la población y de los locales de habitación censados, parte del último censo nacional (Instituto Nacional de Estadística, 2003). La dotación que fue asignada es de 150 L/hab/día. El pozo tiene una producción esperada de agua de 80,000 m³ anuales (Morales, 2012). En el trabajo realizado por la Arq. Morales en el año 2012, analizado seis pozos ubicados en la zona 6. Dentro de estos, el pozo N6 cuenta con características similares al pozo propuesto, por lo tanto, se adoptó su valor de producción esperada para los efectos de análisis. También se adoptó el descenso del nivel anual del mismo, siendo de 8 metros anuales.

Con los costos de inversión inicial y los costos anuales, junto a los datos de la vivienda, se puede realizar el flujo de caja. El flujo de caja es unitario, ya que se elabora por vivienda. Los costos de inversión inicial y mantenimiento, se amortizan entre la cantidad de viviendas que pueden ser abastecidas del vital recurso hídrico. La cantidad de casas que pueden ser abastecidas resulta de la división de la producción esperada del pozo (80,000 m³) y la cantidad de agua que se utiliza en una vivienda anualmente (273.75 m³), que viene siendo 292 casas. Esto provee la suficiente información para realizar el análisis financiero y costo de oportunidad de la recuperación de agua subterránea.

a. Inversión inicial. La inversión inicial de la alternativa de recuperación de agua subterránea consiste de tres elementos importantes. El primero es el costo de perforación del pozo, el segundo es el costo del equipo de bombeo y los accesorios requeridos, el tercero será el tanque de almacenamiento para la vivienda. Estos gastos se ven reflejados en el año 0 al tratarse de inversiones iniciales, cuando se quieren plasmar en el flujo de efectivo.

El costo inicial de perforación del pozo fue cotizado por la empresa DAHO Pozos S.A. Se presenta una opción de 1000 pies de perforación con un costo asociado de \$63,332.19, donde el 21 de septiembre de 2016, se tomó un tipo de cambio de Q7.51485/\$ de acuerdo al BANGUAT, que da un resultado de Q475, 931.91 para las 292 viviendas. La inversión por vivienda es de Q1, 655.64 (ver anexo D). El costo inicial del equipo de bombeo y sus accesorios es de Q122, 659.05. Este tiene que ser amortizado por cada vivienda, dejando un importe monetario unitario de Q413.37 (ver anexo E), pero hay que contemplar una reposición de bomba y motor a los 10 años. Ahora en cuanto al tanque de

almacenamiento de 6,000 litros, equivalente a 1500 galones aproximadamente, el costo asociado es de Q7, 000.

Los precios de la perforación y mantenimiento, no son lo que se colocan en el flujo de caja. Se tiene que dividir el monto global entre las viviendas que pueden ser abastecidas para poder tener los importes unitarios con los que se trabaja el flujo de caja. De esa cuenta el pozo por vivienda tiene un costo de Q1, 655.64, el costo por el equipo de bombeo inicial tiene un costo de Q413.37.

b. Costo de energía eléctrica. Para obtener el costo por bombeo necesario, se necesita saber la potencia del equipo instalado y el tiempo de bombeo, que viene en función del volumen de agua extraído. El volumen de agua a extraer está dado por las características de la población. Con los datos descritos de la vivienda, existe un consumo de 750 litros diarios aproximadamente. Con el propósito de ahorrar, se sugiere realizar un almacenamiento para siete días de agua, esto representa entonces bombear una vez por semana el volumen de agua correspondiente, contrario a bombear diariamente los 750 litros. Este almacenamiento corresponde a la multiplicación del consumo total diario por los 7 días, donde resulta ser necesario un almacenamiento de 5,250 L.

Una vez se tiene el volumen de agua establecido, es necesario determinar la altura que se necesita bombearlo. El fin de ello es poder seleccionar el equipo de bombeo idóneo. Esta altura inicialmente viene dada por el nivel estático del pozo y de la altura del tanque de almacenamiento. Para los siguientes años se tiene que considerar el descenso del nivel del manto freático conforme avanza la vida útil del pozo porque se va ir modificando el nivel estático del pozo. Ya que baja el nivel del manto freático, baja el nivel estático del pozo, por lo que la altura a bombear incrementa.

Para el año 2017, la altura de extracción corresponde a 400 pies (referenciados desde la superficie del terreno hacia abajo, porque ahí está el nivel estático del pozo), más 32.8 pies por la altura del tanque de almacenamiento. La razón por la cual se dio esa altura al tanque, fue para poder garantizar presión dentro de la vivienda. Continuado, la suma de ambos valores expuestos es 432.80 pies, que es la altura inicial de bombeo. Para el siguiente año, el 2018, ya entra en consideración el descenso del nivel del manto freático. El descenso del nivel es de 8 metros (en la sección iv se profundiza en el tema) de modo que se suman a la altura de extracción del año 2017, que suma un total 459.04 pies. De la misma forma que se suma para el año 2018 los 8 metros del descenso del nivel del manto freático, se suman respectivamente para cada año y la altura de bombeo incrementa de esa manera. En el Cuadro 60 se puede apreciar la altura de bombeo para los 20 años de la vida útil de pozo.

Cuadro 60: Variación en la altura de bombeo

<i>Año</i>	<i>Altura de bombeo, ft</i>
2016	0
2017	432.80
2018	459.04
2019	485.28
2020	511.52
2021	537.76
2022	564.00
2023	590.24
2024	616.48
2025	642.72
2026	668.96
2027	695.20
2028	721.44
2029	747.68
2030	773.92
2031	800.16
2032	826.40
2033	852.64
2034	878.88
2035	905.12
2036	931.36

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo las alturas de extracción, al proveedor del equipo de bombeo se le solicitó el gráfico de curvas de rendimiento de los equipos disponibles. El gráfico de las curvas muestra en su eje vertical la altura de extracción, tanto en pies y metros, y el eje horizontal muestra el caudal de extracción, ya sea en galones por minuto o en metros cúbicos por hora (ver anexo F). Cada una de las curvas de rendimiento graficadas responde a un nivel de fases y este nivel de fases es el que da la potencia del equipo requerido en función de la altura a bombear. Se tiene que buscar la curva con el menor valor de fases, que sea capaz de bombear la altura requerida. Al realizar este procedimiento, se está obteniendo el equipo más económico.

En el año 2036 se tiene la altura de bombeo más grande, 931.36 pies, así que, entrando al gráfico de curvas de rendimiento con esa altura, la curva con el menor número de fases que puede bombear está altura es la que corresponde a 21 fases. La bomba de 21 fases es un equipo de 40

hp, equivalente a 30 KW. Usar este equipo es muy grande para las alturas de bombeo requeridas en los primeros años, así que se partió de la base que para los primeros 10 años del pozo se utilizaría un equipo de menor potencia. Después de este tiempo es necesario contemplar la reposición de equipo y aprovechándose de ello, se instala un equipo de mayor envergadura que pueda bombear las alturas necesarias. De esa cuenta, la altura máxima a bombear en los primeros diez años está en el 2026 y es de 668.96 pies. La curva con el menor número de fases que puede suplir esta altura es de 14 fases. Para 14 fases, la bomba tiene una potencia de 25 hp, equivalente a 18.5 KW.

En resumen, para el año 2017 al 2026 se implementa un equipo de bombeo con una potencia de 25 hp y para el año 2027 al año 2036, se usará un equipo con una potencia de 40 hp. Con la potencia del equipo determinada, se pasa a obtener el tiempo de bombeo. Para saber el tiempo de bombeo se requiere saber el caudal de extracción y este viene dado por la bomba a utilizar. Como se mencionó anteriormente, en el eje horizontal del gráfico de curvas de rendimiento, se encuentra el caudal que puede extraer el equipo. Como ya se tienen determinados los dos equipos de bombeo a usar y las alturas de bombeo, para los primeros 10 años se analiza para cada altura cuanto es el caudal de extracción que puede proveer la bomba de 14 fases o 25 hp y para los últimos diez años (2027 a 2036), se hace lo mismo, con la consideración que se usa la curva de rendimiento para el equipo de 21 fases o 40 hp. En el Cuadro 61 se puede apreciar los caudales de extracción para cada año de acorde a las potencias consideradas y las alturas de bombeo requeridas.

Cuadro 61: Caudales de extracción

<i>Año</i>	<i>Altura de bombeo, ft</i>	<i>Potencia de equipo, KW</i>	<i>Q de extracción según curva de la bomba, gpm</i>
2016	0	18.5	0
2017	432.80	18.5	200.0000
2018	459.04	18.5	185.0000
2019	485.28	18.5	175.0000
2020	511.52	18.5	168.0000
2021	537.76	18.5	162.0000
2022	564.00	18.5	156.0000
2023	590.24	18.5	143.0000
2024	616.48	18.5	118.0000
2025	642.72	18.5	106.0000
2026	668.96	18.5	87.0000
2027	695.20	30	195.0000
2028	721.44	30	175.0000
2029	747.68	30	168.0000
2030	773.92	30	162.0000
2031	800.16	30	156.0000
2032	826.40	30	153.0000
2033	852.64	30	143.0000
2034	878.88	30	137.0000
2035	905.12	30	125.0000
2036	931.36	30	118.0000

Fuente: Elaboración propia.

on el caudal de extracción y el volumen de agua requerido anualmente, el tiempo de bombeo es simple de obtener. Como se quiere el costo anual por bombeo, el volumen de agua es la multiplicación de: la dotación diaria, la cantidad de habitantes por vivienda, 365 días en el año. Finalmente, el caudal de extracción para cada año está definido y la división entre el volumen de agua requerido entre el caudal de extracción, da el tiempo de bombeo. En el anexo G se muestra el cálculo del consumo anual de agua para una vivienda y la forma de calcular el tiempo de bombeo requerido para el año 2017 para efectos de ejemplo. Se toma en consideración el caudal de extracción de la bomba de 25 hp pertinente a ese año. Para el resto de años de vida útil del pozo se realiza de la misma forma, con la variación respectiva de caudal de extracción para cada período. En el Cuadro 62 se aprecian todos los tiempos de bombeo para cada año.

Cuadro 62: Tiempos de bombeo con base en caudal de extracción de equipo de bombeo

<i>Año</i>	<i>Q de extracción según curva de la bomba, gpm</i>	<i>Dotación por vivienda anual, gal</i>	<i>Tiempo de extracción anual, h</i>
2016	0	0	0
2017	200.0000	72420.63	6.04
2018	185.0000	72420.63	6.52
2019	175.0000	72420.63	6.90
2020	168.0000	72420.63	7.18
2021	162.0000	72420.63	7.45
2022	156.0000	72420.63	7.74
2023	143.0000	72420.63	8.44
2024	118.0000	72420.63	10.23
2025	106.0000	72420.63	11.39
2026	87.0000	72420.63	13.87
2027	195.0000	72420.63	6.19
2028	175.0000	72420.63	6.90
2029	168.0000	72420.63	7.18
2030	162.0000	72420.63	7.45
2031	156.0000	72420.63	7.74
2032	153.0000	72420.63	7.89
2033	143.0000	72420.63	8.44
2034	137.0000	72420.63	8.81
2035	125.0000	72420.63	9.66
2036	118.0000	72420.63	10.23

Fuente: Elaboración propia.

Con potencia de equipos en mano, los tiempos de bombeo para cada año y el precio de la energía eléctrica, se puede obtener el costo asociado al bombeo en la alternativa. Lo que irá cambiando año con año es el precio de la energía eléctrica y el tiempo de bombeo. La ecuación recuperada abarca la proyección del costo de la energía eléctrica y los tiempos de bombeo son

obtenidos con los caudales de extracción que fueron determinados. La expresión general para el costo de energía asociada a bombeo para cada año queda de la siguiente manera:

$$y = (0.01803564 * \text{año} - 34.92) * \text{tiempo de extracción anual} * \text{potencia del equipo instalado.}$$
 La

variable *año* corresponde a cada año de la vida útil del pozo, partiendo desde el 2017 hasta llegar al 2036. La variable *tiempo de extracción anual* corresponde a las horas de bombeo que se cuantificaron para el “año” de interés. Finalmente, la *potencia del equipo instalado*, es la potencia del equipo de bombeo empleado para cada año. Es importante tener cuidado que para el 2017 hasta el 2026, la potencia del equipo es de 18.5 KW y para el 2027 hasta el año 2036, la potencia del equipo instalado es de 30 KW. En anexo H se muestra como obtener el costo por bombeo para el año 2017.

Usando la expresión general para el costo de energía asociada a bombeo, se puede determinar el importe monetario que tiene anualmente el mismo. No hay necesidad de realizar el ejercicio a mano para cada año como se ve anexo H, sino que haciendo referencia los tiempos de bombeo en el Cuadro 61 y referencia a la potencia del equipo (manteniendo 25 hp para los primeros diez años y 40 hp para los últimos diez años), ya se obtiene el costo por bombeo para cada año. Esto es lo que plasma en el flujo de caja bajo el costo de bombeo para cada año.

c. Mantenimiento y operación del pozo. Un pozo, contrario al concepto que la mayoría de personas tienen, necesita de un mantenimiento preventivo para asegurar que las condiciones de operación sean óptimas. La vida útil del pozo se proyecta de veinte años y este mantenimiento según el asesoramiento recibido por el Ing. Ruano de Servipozos se debe de realizar cada tres años. Este mantenimiento incluye lo que es movilización de máquina tipo grúa al lugar del pozo, extracción con grúa de un equipo sumergible, movilización de camión con equipo de video sumergible al lugar del pozo, inspección con cámara de video sumergible, 25 horas de limpieza mecánica, mano de obra técnica por revisión, limpieza y pruebas a equipo sumergible en taller, mano de obra técnica por empalme, instalación, arranques y pruebas de equipo sumergible, reinstalación con grúa de un equipo sumergible, análisis fisicoquímico y microbiológico al agua del pozo y 4 de galones de floculante (ver Anexo I). El mantenimiento descrito tiene un precio actualmente, pero conforme la vida útil del pozo avance, tenderá a aumentar su precio.

El aumento en el costo del mantenimiento del pozo se liga al efecto inflacionario. Para saber el efecto que tiene la inflación sobre el mantenimiento del pozo, se recae en el uso de la ecuación obtenida en 5.2 por medio del método personal. Recordando, la ecuación es

$$y = \left(\left((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1 \right) * \text{valor de mantenimiento} \right) * -1 .$$
 La ecuación se evalúa para los años

2019, 2022, 2025, 2028, 2031 y 2034, ya que el mantenimiento se realiza cada tres años. El valor de mantenimiento son los Q36, 000, correspondientes al valor de mantenimiento actual y a los cuales se les afecta el efecto inflacionario para determinar su incremento. El resultado tiene que ser dividido la

cantidad de casas que pueden ser abastecidas, para obtener el costo unitario por vivienda asociado al mantenimiento del pozo. En el anexo J se muestra el ejemplo de cómo conseguir el costo de mantenimiento del pozo para el año 2019.

De la misma manera que en el análisis del costo de energía, no se tiene que realizar este procedimiento a mano para cada año. Usando la ecuación, únicamente se hace referencia al año en cuestión y al valor de mantenimiento. Estos valores son los que se plasman en el flujo de efectivo para el análisis financiero.

Aparte del mantenimiento directo del pozo, se necesita contemplar un costo de mantenimiento y de operación adicional, la incorporación de hipoclorito de calcio (cloro) al 70%. Esto es para la desinfección del recurso hídrico y hacer que el agua sea apta para el consumo humano. El costo de la utilización de cloro también se tiene que ir proyectando año con año, durante la vida útil del pozo, ya que es un costo que se espera que aumente conforme el paso del tiempo. Para la investigación, la forma de lograrlo es por medio de, la ecuación $y = \left((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1 \right) * \text{valor de mantenimiento} - 1$. La variable *año* corresponde a cada año donde se proyecta el costo del cloro y la variable *valor de mantenimiento* corresponde al valor inicial del costo de la implementación del hipoclorito del calcio al 70%. En el anexo K se muestra el cálculo del costo de la cantidad de hipoclorito de calcio al 70% requerido y el resultado corresponde al valor inicial que se estará proyectando. Seguidamente, se muestra como proyectar el costo del cloro para el año 2017.

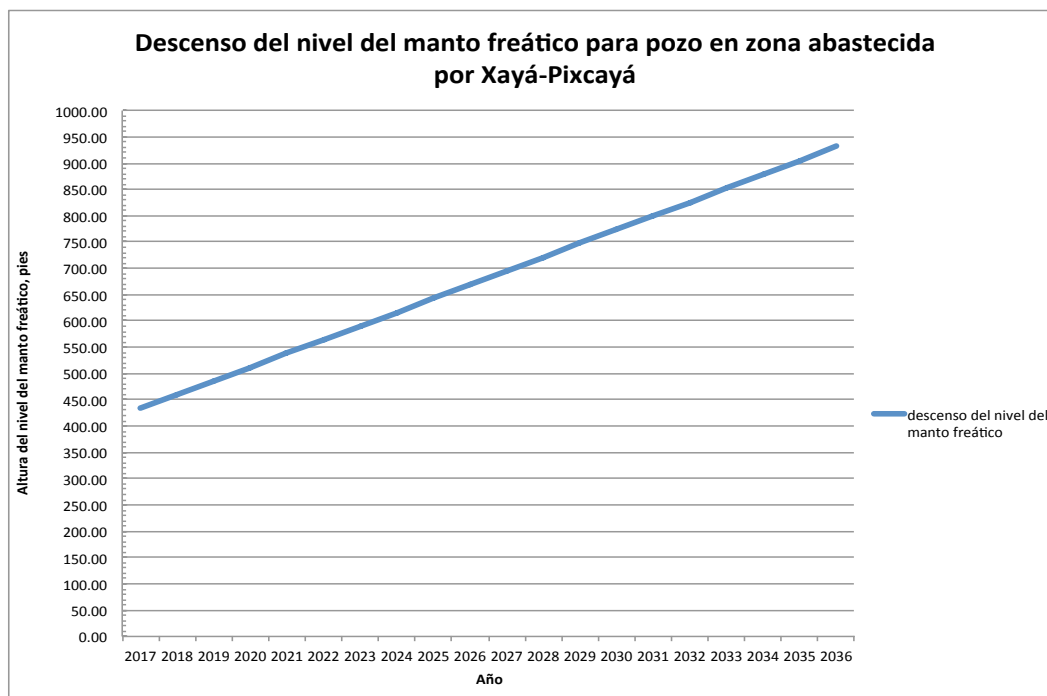
d. Descenso del nivel del manto freático. El análisis de la variación en la altura de los mantos subterráneos de agua conforma parte del trabajo porque es necesario saber el comportamiento de los niveles del agua, ya que la cantidad de agua que puede ser extraída del pozo depende de ello. Debido a la carga hídrica que se tiene actualmente, existe una variación en la altura del manto freático. El caso optimista sería que el nivel aumentara conforme el paso del tiempo, pero la realidad es otra, la situación del país se encuentra actualmente en el caso pesimista, donde cada año hay un descenso en el nivel del manto freático.

La perforación del pozo como se indicó en la parte de inversión inicial, es de 1000 pies. La altura de agua no es la altura perforada, por lo contrario, se tiene que caer en una perforación de esta índole debido a que el manto freático no se encuentra cerca de la superficie terrestre. Hace 40 años se encontraba agua a alturas de 600 pies de profundidad, actualmente se llegan a perforaciones de hasta 1700 pies para los pozos requeridos por la empresa municipal de agua (Morales, 2012). El nivel estático de este pozo es de 600 pies, entiéndase a 400 pies del nivel del suelo se encuentra el recurso hídrico.

La subcuenca de Xayá-Pixcayá abastece de agua potable a los usuarios de las zonas 1, 2, 3, 6, 7,8, 10 y 11, que se encuentran en la parte oeste de la ciudad capital, precisamente del lado del departamento de Chimaltenango. (Morales, 2012) realizó una evaluación del descenso del nivel del manto freático en la parte norte del acuífero metropolitano en el valle de Guatemala. Tomó los pozos de 5 zonas (la zona 6, 15,16 y 17) como objeto de estudio. La zona 6 es parte de los lugares abastecidos por la subcuenca Xayá-Pixcayá y con base a los resultados obtenidos del descenso del nivel del manto freático se puede establecer la producción esperada del pozo sugerido para esta metodología.

El área de la zona 6 la identifica como la zona Norte, donde estudió seis pozos. La tasa del descenso del nivel freático anual promedio de los pozos oscila entre 6m a 8m (ver Ilustración 122). Esto es altamente preocupante y por eso mismo es que se necesita caer en perforaciones de gran profundidad. El nivel estático del pozo propuesto corresponde a 182.92 metros, lo que con una tasa de descenso de 8 metros (tomando la crítica), se puede estimar que la vida útil del pozo llegaría a 22 años como máximo. Esto es con base a la división entre los 600 pies de agua y el descenso anual. Por consiguiente, se puede decir que la vida útil de veinte años es adecuada para el proyecto. En la Gráfica 24 se muestra el comportamiento del nivel del manto freático, donde conforme pasan los años de vida útil del proyecto, la altura del nivel aumenta a raíz del descenso. Esto quiere decir que cada vez el agua se encuentra a mayores profundidades con el paso de tiempo.

Gráfica 23: Descenso del nivel del manto freático para pozo en zona abastecida por Xayá-Pixcayá



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 122: Resumen de datos encontrados para la Zona Norte de Arq. Morales

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS NIVELES FREÁTICOS	SECTOR NORTE	NIVEL DINÁMICO Referido al brocal del pozo (m)						
		BROCAL Elevación (msnm)						
		1451.20	1456.41	1460.53	1451.79	1447.37	1434.76	
		PROFUNDIDAD DEL POZO (m)						
		396	366	396	351	427	451	
AÑOS DE MONITOREO		DESCENSO NIVEL FREÁTICO DE POZOS (m)						
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	
	2000	194.80	205.00	208.10	200.00	198.00	118.00	
	2002	215.00	229.50	230.90	229.95	222.30	130.00	
	2003	235.40	241.46	246.00	211.79	229.98	134.76	
	2004			263.52	279.60	242.03		
	2005	248.45	257.95	263.40	251.30			
	2006	252.37	260.65	280.00	260.00	255.00	135.00	
	2007			283.58		272.30	158.00	
	2009	272.80		289.95		291.00	168.00	
	2010	276.25	255.55	290.72	247.43	271.90	198.00	
	2011	273.30	290.58	276.00	267.50	267.30		
	Descenso a la fecha (m)	78.50	85.58	67.90	67.50	69.30	80.00	
	Registro de datos (años)	11	11	11	11	11	10	
	Tasa promedio anual de descenso (m)	7	8	6	6	6	8	
	Potencial hídrico estimado (m)	123	75	120	84	160	253	
	Vida útil restante del pozo (años)	17.19	9.69	19.44	13.61	25.35	31.63	
	Finalización potencial hídrico pozo (año)	2028	2021	2030	2025	2036	2043	
	Cota estimada de descenso al año 2012	280.44	298.36	282.17	273.64	273.60	206.00	
ANÁLISIS DE LA TASA EXTRAÍDA	AÑOS DE MONITOREO	CAUDAL DIARIO EXTRAÍDO de cada pozo (l/s)						
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	
		2002	50	21	41	12	21	3
		2003	41	19	39	15	31	2
		2004	48	17	25	15	30	3
		2005	44	12	27	11	31	2
		2006	39	5	25	18	29	2
		2007	38	7	21	17	29	2
		2008	22	6	14	10	18	1
		2009	41	10	25	15	33	1
		2011	41	19	39	15	31	2
		2012	48	SUSPENDIDO	27	8	30	7
		Volumen medio anual (Mm ³ /año)	1.30		0.89	0.43	0.89	0.08

Fuente: Imelda Morales, 2012.

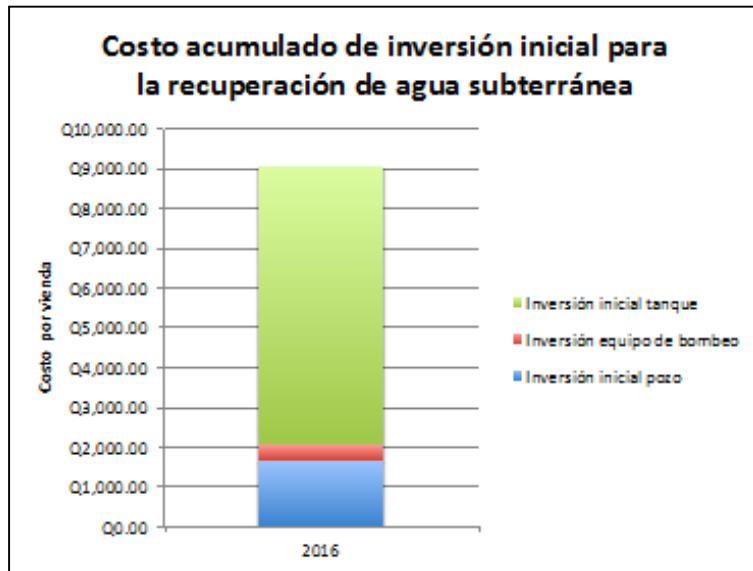
e. **Costo de oportunidad del agua subterránea y análisis financiero.** La inversión inicial y los costos anuales establecidos, se transcriben al flujo de caja. La forma de integrar los rubros ha sido descrita con anterioridad, solo es necesario contemplar su correcta ubicación en el tiempo; por ejemplo, el mantenimiento se considera cada tres años, no anual. La inversión inicial se coloca en el año 0 y el costo por bombeo es anual. El flujo de caja completo se puede ver en el anexo L. Para efectos de análisis se realizó un flujo de caja abreviado (ver Cuadro 63), donde se coloca en una columna los períodos (años) y en otra los egresos totales que corresponden para ese año. El año 0 por ejemplo, contempla la inversión inicial total, el año 1 contempla el costo por bombeo, el año tres contempla costo de bombeo más el costo de mantenimiento. En la Gráfica 25 se ve el costo acumulado para la inversión inicial y en la Gráfica 26 se aprecian los costos anuales por mantenimiento relacionados al descenso del nivel del manto freático. Se muestra la relación de incremento en el costo de la energía eléctrica conforme el manto freático se encuentra a mayores alturas. Estas gráficas son otro medio para lograr visualizar el flujo de caja.

Cuadro 63: Flujo de caja abreviado

Flujo de caja abreviado		
Periodo	Año	Egresos
0	2016	Q9,069.01
1	2017	Q181.82
2	2018	Q197.22
3	2019	Q338.79
4	2020	Q220.10
5	2021	Q230.06
6	2022	Q370.43
7	2023	Q263.77
8	2024	Q319.02
9	2025	Q487.03
10	2026	Q435.16
11	2027	Q469.10
12	2028	Q492.91
13	2029	Q380.27
14	2030	Q397.70
15	2031	Q547.89
16	2032	Q428.55
17	2033	Q461.75
18	2034	Q617.93
19	2035	Q535.94
20	2036	Q572.13

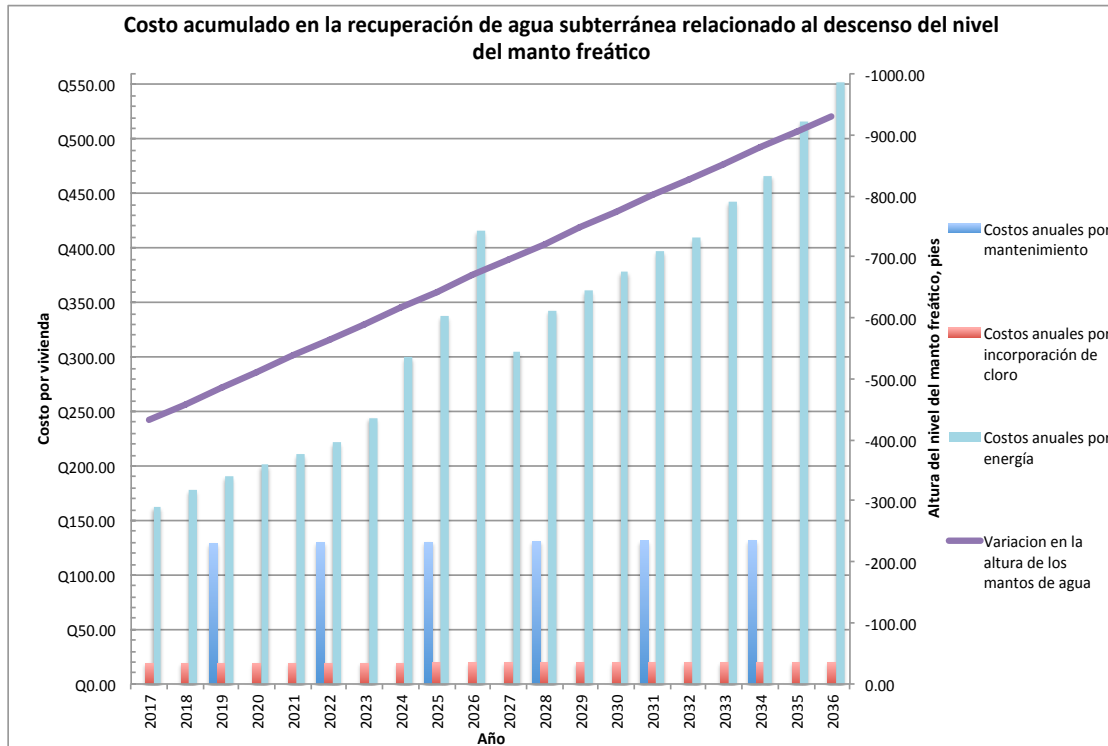
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 24: Costo acumulado de la inversión inicial en la recuperación de agua subterránea



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 25: Costos por mantenimiento para la recuperación de agua subterránea, relacionado al descenso del nivel del manto freático



Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis financiero se contempló una tasa de interés del 3.75%, que fue brindada por Interbanco. Corresponde a la tasa de interés para un ahorro entre Q500, 001.00 a 1, 000,000.00, que es el rango monetario en el que oscila la recuperación de agua subterránea. En otro punto de vista, representa lo que la plata no invertida puede ganar en el banco. Por consiguiente, el valor presente neto de la inversión es –Q14, 263.40 por vivienda (ver Cuadro 63). En otras palabras, los –Q14, 263.40 es el importe monetario que tendría que dar hoy cada una de las 292 viviendas que pueden ser abastecidas. Seguidamente, se realiza el análisis de costo anual uniforme equivalente, el cual resultó de –Q1, 026.42 (ver Cuadro 64). Este es el egreso anual uniforme que representa la alternativa durante los 20 años de su vida útil.

Cuadro64: Análisis financiero para el pozo

<i>Valor presente neto unitario=</i>	-Q14,263.40
<i>i=</i>	0.0375
<i>CAUE unitario=</i>	-Q1,026.42

Fuente: Elaboración propia.

El análisis financiero sirve de dos propósitos, el primero es obtener el costo de oportunidad con base al valor presente neto de la inversión y el segundo es poder hacer análisis de inversión. Para determinar el costo de oportunidad es necesario tener presente cuanto es el costo por metro cúbico de agua para EMPAGUA y cuanto es el costo por metro cúbico para la recuperación de agua subterránea. De acuerdo a los datos recuperados del (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2005), el costo de producción por metro cúbico de agua potable es \$1.05, que para la tasa de cambio que se está empleando en el trabajo resulta en Q7.89. Por otro lado, el costo por metro cúbico para la recuperación de agua subterránea viene dado por la división del valor presente neto por vivienda, entre la cantidad de agua que se utiliza en 20 años. Este valor resulta siendo de Q2.61 por metro cúbico de agua recuperada del pozo (ver Cuadro 65).

Cuadro 65: Costo por metro cúbico de agua de pozo

Habitantes promedio por hogar=	5	
Dotación de la vivienda=	150	L/Hab/día
Producción en 20 años= (Dotación diaria*Habitantes promedio por hogar*365*20)	5475000	L
	5475	m ³
Valor presente neto de inversión=	-Q14,263.40	
<i>COSTO POR m³= Valor presente neto de inversión/ producción en 20 años (m³)</i>	Q2.61	/m³

Fuente: Elaboración propia.

Una vez se tiene el costo por metro cúbico para EMPAGUA y el costo por metro cúbico para la recuperación de agua pozo, se puede adentrar al costo de oportunidad. El costo de oportunidad es la diferencia entre lo que se hace actualmente y lo que se puede hacer, entiéndase obtener agua de pozo. De tal manera que, la diferencia entre los Q7.89 por metro cúbico para el tratamiento de agua para empresa municipal de agua y los Q2.61 por metro cúbico para la obtención de agua del pozo, es de –Q5.29 por metro cúbico (ver Cuadro 66). Al ser el tratamiento para la empresa municipal de agua, más caro por metro cúbico que la obtención de agua de pozo, los –Q5.29 representan monetariamente lo que se está dejando de percibir por metro cúbico. Es decir, se puede economizar esos –Q5.29 por metro cúbico al optar por la alternativa de recuperación de agua subterránea.

Cuadro 66: Costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea

<i>Costo de oportunidad</i>	
Costo aproximado por metro cúbico de agua para EMPAGUA=	Q7.89
Costo por metro cúbico para la recuperación de agua subterránea=	Q2.61
<i>Costo de oportunidad= Costo por metro cúbico de recuperación de agua subterránea - Costo por métro cúbico de agua para EMPAGUA</i>	Q5.29

Fuente: Elaboración propia.

Lo que interesa como verdadero costo de oportunidad rebasa los –Q5.29 por metro cúbico de agua, ya que este es su valor unitario, no es el costo de oportunidad global. Para determinar el verdadero costo de oportunidad global, se tiene que tasar al nivel de producción del pozo. La producción del pozo es de 80,000 m³ por año, entonces lo que realmente se deja de percibir es el valor unitario del costo de oportunidad referenciado a esa producción. De modo que la producción anual, multiplicado por el costo unitario y por la vida útil del proyecto, es el verdadero costo de oportunidad global de la alternativa (ver Cuadro 67). De esa cuenta, el costo de oportunidad global de la recuperación de agua subterránea es de –Q8, 456,648.95 para los veinte años de vida útil del pozo. En la Gráfica 26 se visualiza de forma anual lo que se deja de percibir al no invertir en la recuperación de agua subterránea, durante veinte años que es el tiempo de vida útil del proyecto con que se está trabajando.

Cuadro 67: Costo de oportunidad global de la recuperación de agua subterránea

<i>Producción total del pozo planteado=</i>	80000	m ³ /año
<i>Costo de oportunidad unitario obtenido =</i>	Q5.29	/m ³
<i>Costo de oportunidad real para la recuperación de agua subterránea= producción total del pozo planteado * Costo de oportunidad unitario</i>	Q422,832.45	anuales
<i>Costo de oportunidad total=</i>	Q8,456,648.95	en 20 años

Fuente: Elaboración propia.

4. Metodología del cálculo del costo de oportunidad relacionado a la recuperación de agua subterránea. Este enfoque es la segunda alternativa de obtención de agua planteada en el trabajo, consistiendo en la reutilización del agua en una vivienda. La intención es tratar el agua residual de una casa hasta el grado de potabilizarla. Para la forma en cómo realizar el tratamiento, se contó con la asesoría del Ing. Ricardo Roesch de la empresa Agua Limpia. La ventaja inicial de este sistema es el reciclaje del recurso hídrico. De esa cuenta, para desarrollar la metodología del cálculo es necesario considerar la inversión inicial y la variación en los costos por mantenimiento y energía eléctrica de igual forma.

El tratamiento consiste en recolectar las aguas negras y grises en un tanque biorreactor, para su respectivo tratamiento primario y secundario. El tratamiento primario consiste en un sedimentador y el tratamiento secundario consiste en un tratamiento anaerobio, donde el agua entra en contacto con poliducto colonizado de heces de caballo. El tratamiento terciario consiste en un paso tipo drenaje francés. El agua que sale del biorreactor entra a una zanja de 18 metros de largo, recubierta con geomembrana, con relleno de tierra negra y un quintal de carbón regado (sirve como filtro de carbón activado), finalmente en la parte superficial, tiene que haber pasto vetiver sembrado, que sirve para la remoción de minerales que trae el agua. Por último, el agua se pasa al tratamiento cuaternario, el cual consiste en un tanque de cloración, donde el agua es dosificada con cloro para su desinfección. Posteriormente, el agua se pasa a un tanque de rebalse, de donde ya puede ser tomada para beber (ver anexo M para ver el diagrama de flujo de los procesos necesarios).

a. Inversión inicial. La inversión inicial se desglosa entre las fases de tratamiento a la cual es sometida el agua. Para el tratamiento primario y secundario el principal componente es un tanque biorreactor. Este tanque tiene una capacidad de 1.5 m^3 y su costo es de Q9, 017.82. El mismo se colocará en una excavación de 2 m^3 , para la cual se cotizó la operación de una hora máquina a Q400 (ver anexo N). Previo a la colocación del biorreactor es necesario poner un pequeño relleno para la estabilización de paredes, el cual requiere un saco de cemento por m^3 , por lo tanto, se necesitan dos sacos. Finalmente, para que el biorreactor funcione como tiene que ser, se tiene que comprar el medio de contacto (poliducto), que tiene un importe de Q3, 300 por m^2 . El medio de colonización son heces de caballo, su precio es no contemplado por lo mismo que se requieren dos cubetas, así que pueden ser proporcionadas sin mayor peso económico.

Esto es lo que se necesita a nivel macro, adicionalmente se necesita de 2 tubos de PVC de 4 pulgadas, 1 tee de 4 pulgadas, 1 codo de 4 pulgadas, 9 blocks y concreto; los cuales fueron cotizados por cuenta propia. Los precios unitarios son: Q336.00 por cada tubo de PVC, Q151.70 por la tee, Q98.20 por el codo, Q5.00 por cada block y Q1, 098.43 por m^3 de concreto de 2,500 psi (ver anexo O). Los blocks y el concreto sirven para el brocal, un tipo de borde en la superficie del terreno donde se puede parar para futuras inspecciones. Para la elaboración del brocal, colocación de savieta en la

excavación y plomería, se tomó un importe de Q600.00. En el Cuadro 68 se puede apreciar un listado de los precios ya integrados para esta primera fase.

Cuadro 68: Desglose de inversión inicial para el tratamiento primario y secundario

Tratamiento primario y secundario		
Tanque biorrector=	Q9,017.82	
Costo de excavación=	Q400.00	hora máquina
Costo de materiales=	Q1,077.90	
2 sacos de cemento UGC=	Q156.00	
2 tubos de PVC de 4"=	Q672.00	
1 tee=	Q151.70	
1 codo=	Q98.20	
Poliducto=	Q3,300.00	m ²
Mano de obra=	Q600.00	
Brocal=	Q110.91	
9 blocks=	Q45.00	
Concreto (0.06m ³)=	Q65.91	0.15*0.10*4

Fuente: Elaboración propia.

El agua una vez sale del tratamiento primario y secundario se pasa al tratamiento terciario. El agua va a salir del biorreactor y va entrar en una especie de drenaje francés. Es una zanja de 18 metros de longitud, de 0.80m x 0.80m, recubierta de geomembrana. El relleno de la zanja es tierra negra, en la cual se tiene que regar uniformemente un quintal de carbón negro en toda la longitud (que funciona como filtro de carbón activado). En la superficie de este trayecto se siembra pasto vetiver y con esto ya está completo el tratamiento terciario. Los costos asociados son los siguientes: el costo de la excavación de la zanja, tierra negra, carbón, pasto vetiver y 12 m² de geomembrana HDPE. Para la excavación de la zanja se contemplaron los siguientes precios unitarios: dos horas máquina cotizadas a Q400.00 cada hora, Q1, 800.00 por la camionada de 10 m³, Q460.00 de un quintal carbón, Q15.00 por cada planta de vetiver y Q35.69 por m² de geomembrana. Ver el anexo P para la cotización de lo requerido en el tratamiento terciario. En el Cuadro 69 se muestra una integración de los costos requeridos en este tratamiento.

Cuadro 69: Desglose de inversión inicial para el tratamiento terciario

Tratamiento terciario	
Excavación=	Q800.00
Pasto vetiver=	Q900.00
Carbón negro=	Q460.00
Tierra negra=	Q2,073.60
12 m ² de Geomembrana =	Q428.28

Fuente: Elaboración propia.

A estas alturas el recorrido no ha terminado, falta pasar al tratamiento cuaternario, el punto final. El agua que sale del drenaje pasa a un tanque de cloración. Justamente lo que se hace es aplicar una dosis de cloro al agua para remover cualquier tipo de contaminante que el agua pueda seguir acarreado. El agua después de esta estación pasa a otro tanque para su posterior distribución. Los costos involucrados son los dos tanques y el costo de la aplicación del cloro, que no es una inversión inicial, sino que se toma como un costo de mantenimiento por la aplicación que debe de tener. Se cotizaron dos tanques de almacenamiento de 2.5 m³ cada uno, a Q2, 470.00 la unidad (ver Cuadro 70). El anexo Q muestra la cotización respectiva para la inversión inicial en esta fase cuaternaria. Aquí el agua ya termina su proceso de tratamiento para su posterior reinyección.

Cuadro 70: Desglose de inversión inicial para tratamiento cuaternario

<i>Tratamiento cuaternario</i>	
Tanque 2.5 m ³ (2)=	Q4,940.00
Cloro=	N/A

Fuente: Elaboración propia.

b. Fluctuación en precio por mantenimiento. Como todo tipo de obra realizada, se necesita de un mantenimiento para garantizar el mejor funcionamiento posible de la misma. Los elementos del sistema propuesto que involucran un mantenimiento son: el tanque biorreactor, el tanque de cloración y el tanque de rebalse. En la etapa del tratamiento terciario, se necesita un mantenimiento al pasto vetiver, que es una reposición cada cinco años. El último mantenimiento necesario de contemplar es la pérdida de agua que se tiene en el tratamiento, que se considera de un 20%. A raíz de eso se considera la compra de ese 20% de la dotación cada mes a la municipalidad para mantener la misma cantidad de agua. A pesar de la necesidad de mantenimiento en cada etapa del proceso de tratamiento, la contraparte positiva es que no es laborioso lo que se requiere hacer. Para proyectar los costos por mantenimiento se utiliza la ecuación 22.

El mantenimiento que requiere el tanque biorreactor es simplemente una limpieza semanal. Lo que se hace es una inspección del nivel de lodos depositados y chequear que el medio de contacto este presente. Se considera una vez al mes la extracción de lodos de parte de las personas supervisoras la limpieza. De esa forma se eliminan los lodos depositados. El costo asociado de la limpieza es Q300.00 semanales, referenciado a personal de la empresa realizando el mismo. En el anexo R se enseña el ejemplo del cálculo en el incremento en el costo de la limpieza al biorreactor para el año 2017. De la misma manera en que se muestra el cálculo para el año 2017, se realiza para el resto de años del proyecto y no tiene que hacerse de manera manual, únicamente se hace referencia en el flujo de caja a cada año donde se quiere calcular el nuevo costo de mantenimiento. La ecuación permite

ir cambiando ese dato para ir obteniendo los nuevos precios. El resultado de esta acción es tener el importe monetario, con su respectivo incremento para la vida útil del proyecto.

Seguidamente, procede analizar el costo incurrido en la reposición del pasto vetiver. La razón por la cual se realiza esto es porque el pasto está expuesto a mucho contaminante y por eso mismo, cada cinco años es bueno considerar una reposición. Una vez más se tiene que proyectar su costo en el tiempo, y el ejemplo de cómo hacerlo se puede ver en el anexo S. De la misma manera en que se realiza ahí, se hace para los otros años y se integran al flujo de caja completo para el posterior análisis financiero.

Hasta el momento se han analizado los costos de mantenimiento relacionados al tratamiento primario, secundario y terciario. Para el tratamiento cuaternario en el reusó del agua domiciliar, se contempla el mantenimiento al tanque de cloración y el costo del cloro en la operación del tanque. El mantenimiento para el tanque de cloración es una limpieza cada 3 meses. La aplicación del cloro se tiene que considerar también. Para este rubro diariamente se adiciona un populino de cloro (bolsa pequeña) y también se tiene que contemplar el aumento en su costo. El aumento en el costo de la limpieza del tanque de cloración y el aumento en el costo de la incorporación de cloro se proyecta usando la ecuación 22. En el anexo T se encuentra el ejemplo del cálculo del aumento en el costo de la limpieza del tanque de cloración y el aumento en costo de la incorporación de cloro para el año 2017.

La segunda parte del tratamiento cuaternario es recibir el agua que sale de tanque de cloración, hacia otro tanque. El mantenimiento asociado en esta etapa es una limpieza semestral y realizar un análisis fisicoquímico para medir las condiciones de la calidad del agua en el mismo. Las pruebas, al igual que la limpieza, también se deben hacer cada seis meses y de preferencia antes de limpiar el tanque. De esta forma se pueden tener datos fidedignos acerca de la condición del agua. Aplicando la ecuación 22 se obtiene el costo de la limpieza del tanque de rebalse para el año 2017. De igual forma, se logra obtener el aumento en el costo de las pruebas fisicoquímicas. En el anexo U se muestra este procedimiento a manera de ejemplo, ya que para el resto de los años se hace de la misma forma, solo que se va cambiando el año en cuestión.

El último costo anual de mantenimiento contemplado es la reincorporación de un 20% de volumen de agua mensual. Esto es debido a que el sistema no es ideal, en consecuencia, siempre existen pérdidas. Para poder integrar este costo, el primer paso corresponde a saber cuánto volumen de agua es el que se necesita incorporar. Las características de la vivienda son iguales a las planteadas en la recuperación de agua subterránea. De esa cuenta, el consumo mensual de la vivienda es de 22.82 m^3 mensual. El 20% de ese volumen de agua corresponde a 4.56 m^3 . Con la cantidad necesaria de ser incorporada al sistema, se recurrió al tarifario de la municipalidad, donde se establecen precios por m^3 de agua, con base al rango de consumo. Para un rango entre 1 a 20 m^3 de agua, el costo

por m³ de agua es Q1.12 más IVA, enténdase es de Q1.25 ya con IVA incluido. Finalmente, se puede integrar el costo de reincorporación de ese 20% de volumen de agua, que solo es la multiplicación del volumen de agua correspondiente a la pérdida, por la tarifa municipal que aplica (ver Cuadro 71).

Cuadro 71: Cálculo de costo por incorporación de agua perdida

Habitantes promedio por hogar=	5	
Dotación de la vivienda=	150	L/Hab/día
Dotación mensual=	22815	L
	22.82	m³
20% de pérdida que necesita incorporarse de EMPAGUA=	4.56	m³
Tarifa por m³ de la municipalidad con IVA=	Q1.25	/m³
Costo mensual de adquisición de agua= 20% de pérdida que necesita incorporarse* tarifa por m³ de la municipalidad con IVA	Q5.72	

Fuente: Elaboración propia.

Ese costo mensual también se tiene que proyectar conforme el paso del tiempo. Para lograrlo, se multiplica el valor mensual por 12. Al hacer esto se obtiene el importe monetario anual de la incorporación del 20% de pérdida de agua. Usando la ecuación 2, solo se coloca el año en donde se quiere encontrar el costo y se hace referencia al importe monetario inicial. El resultado es el costo proyectado para el año deseado. En el anexo U se muestra el ejemplo de cómo calcular el costo de la reincorporación del 20% de pérdida de agua potable anual, para el año 2017. De la misma forma en que se realiza este procedimiento, se realiza para el resto de los años de vida útil del proyecto.

Con la reincorporación de agua al sistema se cierran los costos por mantenimiento y operación en el reusó de agua domiciliar. La alternativa requiere de varios mantenimientos, pero como se mencionó anteriormente, no son laboriosos. Todos los costos fueron proyectados en el flujo de caja, con su aumento respectivo ligado a la inflación. El siguiente paso corresponde al análisis financiero y costo de oportunidad.

c. **Costo de oportunidad del reusó del agua domiciliar y análisis financiero.** Una vez se tiene la inversión inicial y los costos por mantenimiento y operación involucrados en el reusó de agua domiciliar, se adentra en el análisis financiero. Para hacer esto se apoya una vez más en un flujo de caja, en donde están considerados todos los egresos de manera ordenada. Cabe mencionar la suma importancia de la colocación de cada egreso en el período correcto. La inversión inicial se considera en el año 0, más todos los costos anuales (mantenimiento y operación) se reflejan en cada período de la vida útil del proyecto. El flujo de caja completo para la inversión se puede apreciar en el anexo W.

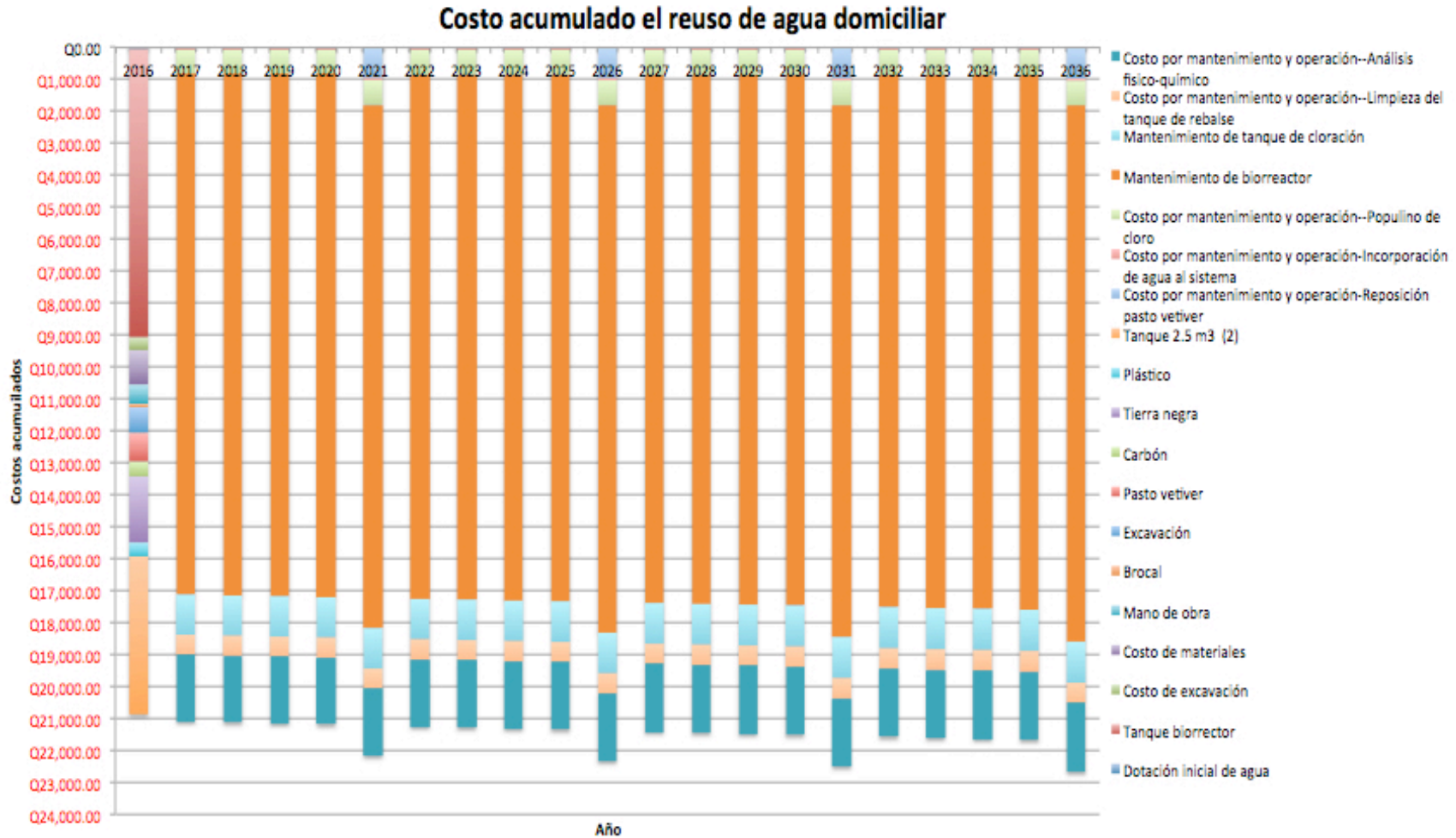
Para efectos de análisis se utiliza un flujo abreviado como en la opción de recuperación de agua de pozo, ya que facilita más el procedimiento (ver Cuadro 72). El flujo abreviado tiene una columna de períodos (años) de la vida útil del proyecto y en otra columna se reflejan todos los egresos que ocurren para cada año. Otra forma de ver el flujo de caja abreviado es por medio de la Gráfica 27, que corresponde a la representación de los costos acumulados en el reusó del agua domiciliar. Esta Gráfica es una forma de ver el importe monetario que tiene cada rubro para cada año durante la vida útil del proyecto.

Cuadro 72: Flujo de caja abreviado para el reusó de agua domiciliar

<i>Flujo de caja abreviado</i>		
<i>Periodo</i>	<i>Año</i>	<i>Egresos</i>
0	2016	<i>Q20,853.48</i>
1	2017	<i>Q21,079.35</i>
2	2018	<i>Q21,111.67</i>
3	2019	<i>Q21,143.98</i>
4	2020	<i>Q21,176.30</i>
5	2021	<i>Q22,153.62</i>
6	2022	<i>Q21,240.94</i>
7	2023	<i>Q21,273.26</i>
8	2024	<i>Q21,305.57</i>
9	2025	<i>Q21,337.89</i>
10	2026	<i>Q22,322.41</i>
11	2027	<i>Q21,402.53</i>
12	2028	<i>Q21,434.85</i>
13	2029	<i>Q21,467.16</i>
14	2030	<i>Q21,499.48</i>
15	2031	<i>Q22,491.20</i>
16	2032	<i>Q21,564.12</i>
17	2033	<i>Q21,596.43</i>
18	2034	<i>Q21,628.75</i>
19	2035	<i>Q21,661.07</i>
20	2036	<i>Q16,754.40</i>

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 26: Costo acumulado en el reusó del agua domiciliar



Fuente: Elaboración propia.

Con el flujo de caja abreviado, se realizó el análisis financiero de valor presente neto y el costo anual uniforme equivalente. La tasa de interés es la misma que se empleó para la alternativa de recuperación de agua subterránea, el 3.75%. Usando las herramientas financieras de Microsoft Excel, se obtuvo un valor presente neto de Q317, 130.14 (ver Cuadro 73). Este valor es lo que habría que invertir el día de hoy para la alternativa de tratar el agua domiciliar. Por otro lado, el costo anual uniforme equivalente es Q22, 821.35 (ver Cuadro 73). Lo que quiere decir es que ese monto representa la inversión anual equivalente de la alternativa para los veinte años de vida útil.

Cuadro 73: Análisis financiero para el tratamiento de agua domiciliar

Valor presente neto=	-Q317,130.14
i=	0.0375
CAUE=	-Q22,821.35

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se adentra al análisis de costo de oportunidad para este segundo escenario. Primero se necesita del costo de producción por metro cúbico de agua potable para el reusó del agua domiciliar. Este se obtiene por medio de la división del valor presente neto, dividido la cantidad de agua utilizada en una vivienda en veinte años (a eso se le hace referencia como la producción). Por consiguiente, el costo de producción por metro cúbico de agua potable en esta opción es de Q57.92. En Cuadro 74 muestra la forma de obtener este costo.

Cuadro 74: Costo por metro cúbico en el tratamiento de agua domiciliar

Habitantes promedio por hogar=	5	
Dotación de la vivienda=	150	L/Hab/día
Producción en 20 años= (Dotación diaria*Habitantes promedio por hogar*365*20)	5475000	L
	5475	m³
Valor presente neto de inversión=	-Q317,130.14	
COSTO POR m³= Valor presente neto de inversión/ volumen de agua en 20 años (m³)	Q57.92	/m³

Fuente: Elaboración propia.

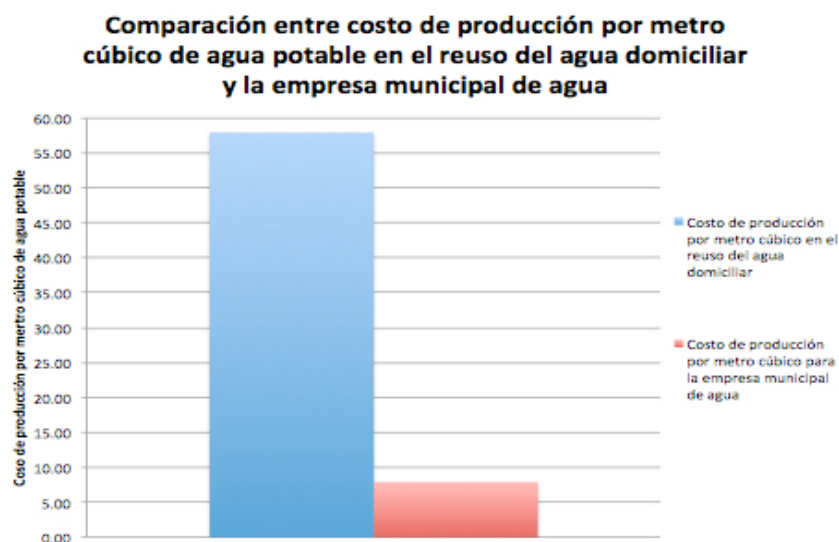
El costo de producción por metro cúbico de agua para la empresa municipal de agua de Guatemala es el mismo considerado en la recuperación de agua subterránea, Q7.89 aproximadamente. En la Gráfica 28 se aprecia de manera visual la diferencia en costos de producción por metro cúbico de agua potable para el escenario analizado. Con ambos costos por metro cúbico de agua potable, se entra al análisis de costo de oportunidad. El costo de oportunidad es obtenido por medio de la diferencia entre el costo por metro cúbico de agua potable en el reusó del agua domiciliar y el costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa municipal de agua. El costo de oportunidad del reusó del agua domiciliar es de Q50.03 (ver Cuadro 75). A raíz del resultado, cabe mencionar que conviene seguir trayendo agua de la subcuenca Xayá-Pixcayá, ya que no se deja de percibir nada por invertir en la reutilización del agua de una vivienda como fuente de abastecimiento de agua potable. En la discusión de resultados se adentra en que representa este Q50.03 como costo de oportunidad.

Cuadro 75: Costo de oportunidad para el reusó de agua domiciliar

<i>Costo de oportunidad</i>	
Costo aproximado por metro cúbico de agua para EMPAGUA=	Q7.89
Costo por metro cúbico del reuso del agua=	Q57.92
Costo de oportunidad= Costo por metro cúbico del reuso del agua - Costo por metro cúbico de agua para EMPAGUA	Q50.03

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 27: Comparación entre el costo de producción por metro cúbico de agua potable en el reusó del agua domiciliar y EMPAGUA



Fuente: Elaboración propia.

VIII. DISCUSIÓN

A. Caracterización de las fuentes de agua y problemas asociados

La población de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá presenta varias deficiencias en cuanto a los recursos hídricos, ya que poco más del 50% de la población tiene acceso a agua potable. El 4% no presenta un tratamiento adecuado de desinfección. Tomando en cuenta esta información y ligándola al objetivo de desarrollo No. 6, que plantea “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, se evidencia que no existe congruencia entre lo planteado y la situación actual.

Dentro de la caracterización que se realizó se concluyó que el 100% de las obras de captación no están protegidas de manera adecuada contra la contaminación debido a que algunas fuentes son utilizadas como vertederos o se contaminan por estar a la intemperie. Según la UNESCO el 17% de los problemas nutricionales son asociados a la contaminación en las fuentes de agua. La desinfección por medio de cloro es el método más común en las fuentes de abastecimiento de agua caracterizadas, pero no se siguen los lineamientos de dosificación establecidos en el manual de desinfección de agua potable elaborado por el Ministerio de Salud y Asistencia Social. Esto viene a repercutir en los niños, que son los más vulnerables a sufrir enfermedades asociadas al consumo de agua contaminada.

B. Preservación de los niveles freáticos

En la subcuenca del río Xayá la mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua son nacimientos, por el contrario, en la subcuenca del río Pixcayá son pozos mecánicos. La subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá presenta una recarga hídrica natural “moderada-alta”. A pesar que la textura del suelo es de baja permeabilidad y el tipo de roca es poco permeable, no es un factor que presente una mayor influencia debido a que las propiedades que ofrece el uso del suelo, la cobertura vegetal y la pendiente media de la zona que se considera como media, se tiene un área con características apropiadas para la recarga de los mantos acuíferos. Por lo tanto, la extracción de agua por medio de pozos mecánicos dentro de la subcuenca Pixcayá puede ser sustentable siempre y cuando se conserven las zonas de recarga hídrica identificadas.

C. Aprovechamiento de zonas de recarga hídrica

Para tener un mejor aprovechamiento del recurso hídrico se identificaron una serie de puntos a lo largo de los cauces de las subcuencas, los cuales presentaban características topográficas óptimas para la implementación de estructuras como embalses en donde se almacene agua y permita la realización de proyectos de microgeneración. Este tipo de proyectos no solo representan una fuente de ingresos alterna a las poblaciones de la subcuenca mediante la mejora cultivos o la implementación de pequeñas industrias, sino que retienen el agua, lo que se traduce en una mayor infiltración. La microgeneración es viable en las subcuencas debido a que la subcuenca del río Xayá presenta un potencial hidroeléctrico de al menos 56,

464 kW/h, mientras que el río Pixcayá de 65,135 kW/h, evidenciando que poseen un recurso hídrico no explotado para la generación de energía. Si bien la pendiente de la parte media-baja de la subcuenca.

Baja, la implementación de turbinas no es viable, se puede considerar la implementación de ruedas hidráulicas. Se recomendó una rueda hidráulica de admisión inferior de diseño tipo Poncelet debido a que se adecuaba a las condiciones de la ubicación donde se planteaba la implementación. En comparación con los otros diseños de ruedas con admisión inferior, presenta una ventaja en cuanto a la eficiencia lograda, siendo aproximadamente mayor a 3 veces la eficiencia de los diseños convencionales. Se logra mediante la variación del ángulo de las paletas, permitiendo que el fluido recorra la paleta absorbiendo una mayor cantidad de energía, reduciendo las pérdidas por impacto entre el fluido y la paleta. Con un caudal de diseño de 1.76 m³/s se estimó una potencia de 13,487 Watts en condiciones óptimas de funcionamiento, potencial que puede ser aprovechada para la implementación de sistemas de riego, beneficiando al sector agrícola de la subcuenca.

D. Análisis de costo de oportunidad para abastecimiento de agua de la ciudad de Guatemala

La problemática relacionada a las fuentes de abastecimiento de agua potable y la deficiencia de acceso a los sistemas de saneamiento en la subcuenca de Xaya-Pixcayá, viene a impactar a la Ciudad de Guatemala. Según datos de la municipalidad de la capital, se procesan alrededor de 140,000 m³/día, pero el grado de contaminación impone un costo. Del análisis de costo de oportunidad realizado, se determina que en el escenario 1, conviene invertir en la recuperación de agua subterránea. Se evidencia que se dejan de percibir -Q8, 456,648.95 en 20 años al no invertir en la opción planteada. Por el contrario, en el escenario 2, el costo de oportunidad es de Q50.03/m³ de fluido tratado, lo que indica que en este caso convendría seguir abasteciéndose como se hace actualmente

De esa cuenta, tomando en consideración el resultado de la extracción agua subterránea, existe la posibilidad de dejar el recurso hídrico de la subcuenca disponible para que los pobladores se abastezcan del mismo. Por lo tanto, la población de la zona gozaría de agua, atendiendo a la deficiencia del 50% de los que no poseen acceso a una fuente de abastecimiento, la cual fue reconocida dentro de la caracterización de las fuentes realizada. Finalmente, en el escenario 1, el monto dejado de percibir es el parámetro de reinversión que existe en todo tipo de actividades de recarga hídrica de los acuíferos, a manera que se ponga una limitante en el descenso del nivel del manto freático y se garantice la vida útil del pozo. En el segundo escenario planteado el costo de oportunidad obtenido, es lo que correspondería a reinvertir en las zonas de alta recarga hídrica de la subcuenca, ya que convendría obtener el agua de ahí.

E. Escolaridad asociada al uso del suelo

Según los mapas de la subcuenca respecto a su tipo de suelo, la pendiente y el uso del suelo. Los resultados muestran algunas tendencias o datos de estas características, como en el acceso a servicio a agua potable se puede ver en el área donde se tienen las pendientes más altas del terreno se obtiene menor acceso a agua potable, predomina la agricultura y el tipo de suelo franco-arcilloso-arenoso. En esa misma zona, también se presenta una tasa neta de escolaridad alta. En las zonas donde se encuentra el tipo de suelo franco-arenoso se presentan altos índices de pobreza general y por consiguiente también altos índices de pobreza extrema. La tasa neta de escolaridad es baja y el acceso a agua potable es moderadamente alto. Donde se encuentra tipo de suelo franco a franco-arcilloso, se presenta un alto índice de acceso a agua potable, tasa de alfabetismo alta y además se encuentra en la parte de área urbana.

IX. CONCLUSIONES

A. Conclusión general

La subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá presenta una discrepancia entre lo que se plantea en los objetivos de desarrollo sostenible y la situación actual. Dentro de este tema se determinó que no existe acceso a agua potable para todos, al igual que los sistemas de saneamiento son precarios. Entonces esto deja plasmado que no se tiene una autoridad que este al pendiente de la problemática. De la mano, se obvia el aprovechamiento de los recursos hídricos con los que cuenta la subcuenca, ya que el mayor porcentaje de la subcuenca cuenta con una posibilidad de recarga hídrica “moderada-alta”, lo que se traduce en perder cultivos mejorados y al mismo tiempo volumen hídrico.

Lo que está disponible actualmente de agua puede tener no solo interés social, sino que económico. Esto es establecido con base en el potencial hidroeléctrico que ofrece la subcuenca. Debido las leves pendientes en la parte baja de la subcuenca en donde se encuentra el mayor caudal, se plantea el uso de una rueda hidráulica tipo Poncelet debido a la alta eficiencia que presenta al trabajar con los caudales disponibles. Se evidencia que no es necesario invertir en tecnología de punta para obtener energía, sino que tecnología accesible y sencilla, no debe de quedar rezagada.

Una vez atendidas las necesidades de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá, se tiene que atender las necesidades de la población de la Ciudad de Guatemala. Resulta conveniente invertir en la extracción de agua subterránea porque es más barato el costo de producción por metro cúbico de recurso apto para consumo humano en este caso, que el tratamiento del efluente de la subcuenca Xayá-Pixcayá por metro cúbico. Esto resulta en un ahorro que se deja de percibir, al cual se le conoce como costo de oportunidad. El análisis de costo de oportunidad indica que se deja de percibir dinero al no invertir en esta opción de abastecimiento de agua.

B. Conclusiones específicas

Se identifican correlaciones entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los instrumentos de planificación territorial analizados, planes de desarrollo municipales y modelos de desarrollo territorial de los municipios de la subcuenca Xayá-Pixcayá, solamente exceptuando los objetivos de cuidado de vida submarina y alianzas para lograr los objetivos, porque no hacen mención de ellos en su planificación. Por lo tanto, se identifican correlaciones entre los indicadores de los demás objetivos dentro de la planificación territorial de los municipios, para lo cual se desarrollaron mapas temáticos para visualizar la distribución de los resultados encontrados y así formar una idea clara sobre el estado actual socioeconómico de la subcuenca.

El estado actual de las captaciones de agua en la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá se encuentra deficiente en cuanto al abastecimiento de agua para los pobladores, ya que estas no satisfacen a toda la población debido a caudales no óptimos para la densidad poblacional.

Ubicación de las fuentes de agua en sitios de alto riesgo, donde pueden ocurrir deslaves de tierra. Se encontró tubería PVC expuesta a la intemperie la cual ocasiona problemas de fugas, ya que está empleada de manera correcta. En consecuencia, existen pérdidas de agua, que repercuten aún más en el acceso al recurso a los pobladores; además es un catalizador a la contaminación del recurso hídrico.

El área de influencia de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá presenta una Moderada-Alta capacidad de potencial de recarga hídrica, ya que en promedio refleja un valor ponderado de 3.57 en la escala de clasificación de las zonas (Mathus Silva). Dicha zona presenta un 87.51% del área de posibilidad de recarga Alta según lo que muestra el Mapa #10, donde el tipo de suelo que predomina es franco-arcilloso de recarga media-alta. Existe al mismo tiempo un gran porcentaje de bosque y agricultura limpia, superando los limitantes de la pendiente ligeramente empinada y las rocas volcánicas con una permeabilidad baja. Mientras que las zonas clasificadas como bajas y muy bajas están predominadas por áreas urbanas, sin influencia del bosque y un relieve moderadamente ondulado, lo que genera características de poca permeabilidad; que desfavorecen la recarga hídrica.

Los afluentes de la subcuenca del río Xayá cuentan con un potencial hidroeléctrico de 56,464 kW/h y la subcuenca del río Pixcayá de 65,135 kW/h. De esa cuenta el área de estudio posee un recurso hídrico subutilizado en donde los proyectos de microgeneración son viables debido a las condiciones del terreno.

El prototipo planteado de rueda hidráulica tipo poncelet presenta una 76% de eficiencia en la transformación de energía cinética a energía mecánica cuando se trabaja con un caudal de $1.76 \text{ m}^3/\text{s}$, obteniendo 13,487 W de potencia lo cual permite que aproximadamente 90 personas puedan realizar otras labores y no sean ellos los encargados de producir esta energía. Sin embargo, es importante mencionar que el prototipo planteado será capaz de generar energía mecánica únicamente durante el 25% del año con este diseño, porque trabaja con un caudal igual o mayor a $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$, de ser inferior la rueda hidráulica se detendrá ya que no se logra vencer el momento de inercia.

Para desarrollar la metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua relacionado a la obtención de recurso hídrico apto para consumo y manejo humano por medio de la extracción de agua subterránea y reusó domiciliar, se necesita tener la integración de costos para la inversión inicial y costos anuales por mantenimiento, a los cuales se necesita contemplar su aumento conforme el paso del tiempo. En el escenario 1 (la obtención de agua potable por medio de pozo o suplementarse de agua la subcuenca Xaya-Pixcayá), el costo de oportunidad evidencia que se dejan de percibir Q8, 456,648.95 en 20 años. De esa cuenta, el parámetro de reinversión en actividades de recarga hídrica del acuífero que alimenta el pozo, queda establecido, a manera de garantizar la producción de agua del pozo. En el escenario 2 (el reusó domiciliar como fuente de abastecimiento de

agua potable o traer agua de la subcuenca analizada), el costo de oportunidad es de Q50.03 por metro cúbico, por lo tanto, se establece que no se deja de percibir nada en esta opción planteada. Finalmente, del análisis de valor presente neto y costo anual uniforme equivalente como respaldo al costo de oportunidad, se respalda que la mejor inversión para el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Guatemala es la extracción de agua subterránea porque se existe un ahorro que se pierde al no invertir en seguir trayendo el agua de la subcuenca.

X. RECOMENDACIONES

Proponer que las autoridades municipales se guíen en su trabajo de gestión, en los instrumentos de planificación territorial disponibles como planes de desarrollo departamental, municipales y modelos de desarrollo territorial. Así mismo, instruir o dar una conferencia a las autoridades competentes, como a las alcaldías de las municipalidades, acerca del Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que ellos no aplican este criterio dentro de su planificación territorial. Y además se le podría hacer notar algunas tendencias de las características socioeconómicas del territorio que se pudieron encontrar en este estudio para mejorar su enfoque de planificación territorial.

Se recomienda la evaluación y estudio del agua producida por las fuentes de agua, respaldándose en la norma COGUANOR NTG 29001 y el Acuerdo Ministerial No. 523-2013 para determinar si el agua es apta para consumo humano, así mismo se recomienda realizar un estudio sobre las enfermedades que el agua puede ocasionar a los habitantes del caserío siendo estos los principales consumidores.

Se recomienda a las instituciones que son encargadas de la gestión de los recursos hídricos y en particular la administración de las fuentes de agua caracterizadas en este documento que tomen medidas para reducir la vulnerabilidad por contaminación en las fuentes, ya que la tubería de PVC siempre debe ir enterradas, sin exposición al Sol; ya que esto las vuelve quebradizas. Adicionalmente se recomienda que se protejan las fuentes de agua, ya sea con alguna estructura metálica o de concreto que pueda garantizar que esta no se destruirá en caso de algún deslizamiento de tierra.

Se recomienda utilizar alternativas de desinfección para los sistemas de fuente de agua que no tengan método, debido a que los habitantes se rehúsan a aceptar la desinfección por cloro debido al “Sabor”.

Gracias a que la variable del tipo de suelo y tipo de roca están regidas por las pruebas de campo, es necesario llevar a cabo una serie de pruebas las cuales representen de manera concreta los parámetros de toda la zona, para lo cual es importante realizar pruebas de textura del suelo generando una comparación de resultados con los parámetros establecidos en el mapa, a su vez realizar varias pruebas de velocidad de infiltración en el suelo distribuidas en toda el área, utilizando dos tipos de metodologías diferentes las cuales proporcionen un parámetro más acertado sobre características reales del suelo.

Ya que el estudio muestra las zonas preliminares de recarga hídrica, es importante realizar su comparación con otros métodos establecidos, asegurando así dichas zonas para que posteriormente se realicen estudios más profundos en las áreas planteadas con características adecuadas para realizar alguna obra civil que ayude a la recarga artificial.

El uso del suelo es uno de los factores más difíciles de controlar ya que depende de la interacción del ser humano por lo que es importante que las entidades correspondientes puedan regular y planificar

zonas que permitan la conservación de bosques, a su vez es importante evitar el cambio radical de la agricultura que genere una reducción en la posibilidad de la recarga natural.

Se recomienda a la Municipalidad de Guatemala el mejoramiento de las zonas de recargas hídricas e invertir en plantas de tratamiento en las subcuencas Xayá y Picxayá, para mantener los caudales y reducir la contaminación de los ríos, reflejando una disminución en el costo de potabilización del agua en la planta de tratamiento Lo De Coy.

Los proyectos de microgeneración presentan una fuente de ingresos permitiendo el desarrollo económico de las poblaciones mejorando la calidad de vida. Por ende, las alcaldías deben de tener en cuenta este tipo de proyectos.

Considerando que la rueda hidráulica de Poncelet funcionara únicamente durante $\frac{1}{4}$ del año resulta conveniente realizar una serie de modificaciones al prototipo planteado para que este funcione con un caudal de diseño mucho menor y así se pueda generar energía mecánica durante un período más largo. Aunque cabe mencionar que esto va a depender tanto de las demandas del usuario como del equipo al que la rueda hidráulica va a estar anclada o el propósito que esta va a tener, ya que la relación existente entre el torque y las Rpm pueden comprometer el funcionamiento de la misma. Además, hacer uso de un caudal de diseño mucho menor habilita la opción de instalar dos o más ruedas hidráulicas en paralelo lo cual aumenta la disponibilidad.

Se recomienda invertir en la recuperación de agua subterránea como fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad capital, ya que el costo de oportunidad indica la factibilidad de invertir en ello. No se debe de olvidar que las características del pozo requerido vienen dadas por la ubicación donde se realizará el proyecto. Con el ahorro que se percibiría (costo de oportunidad), se tiene que tener una política de reinvertir el dinero en todo lo que permita recargar el acuífero, con tal que se mantenga el nivel del manto freático y se logre garantizar la producción.

En el reuso del agua domiciliar se recomienda tratar el agua hasta que esta esté en condiciones para ser infiltrada en el suelo, que sirva para riego o que pueda utilizarse en los dispositivos de agua gris de la vivienda. De esa forma siempre se estaría reciclando el agua, solo que no se tendría que tener el basto y complejo tratamiento para poder potabilizar el efluente de la vivienda, que tiene un costo relativamente elevado.

En este estudio se propuso un tratamiento cuaternario únicamente para lograr que el recurso hídrico sea potable, pero se recomienda realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del pozo que se utilizará, para proponer un sistema de tratamiento que permita hacer que el agua sea potable. Se promueve esto, ya que el tratamiento impacta en el costo de producción por metro cúbico de agua potable.

Se recomienda evitar la contaminación de los recursos hídricos, ya que el costo de oportunidad en términos de calidad del agua se basa en la producción por metro cúbico de agua potable. El costo de la potabilización se extiende de manera proporcional a su contaminación.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M., N. (2007). *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas*. PDF, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, Guatemala.
- Alvarez Cardona, A. (1985). La rueda hidráulica. *Revista facultad nacional de agronomía*, 13-38.
- Asociación Geologica Argentina. (1983). Algunas relaciones cuatitativas. *Asociación Geologica Argentina*, 273.
- Ayesha, Z., & Khan, T. (2012). Design of a Water Wheel For a Low Head Micro Hydropower System. *Journal Basic Science And Technology*, 1-6.
- Banco Mundial. (2000). Recuperado el 9 de mayo de 2016, de Tasa de crecimiento de la población: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/modules/social/pgr/>.
- Behrens, R. (1992). Design calculations for no-head, low-head waterwheels. *Backwoods Home Magazine*.
- Benedicto, M. S. (s.f.). *Análisis de inversiones y proyectos de inversión*. PDF, Escuela de Organización Industrial, España.
- Bermejo, R. (2004). *Del Desarrollo Sostenible según Brundtland a la Sostenibilidad como Biomimesis*. Bilbao: Hegoa.
- Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprensizaje de la asignatura de hidrología*. Cochabamba.
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de fluidos*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Chang, R. (2009). *Química* (Séptima Edición ed.). (McGraw-Hill, Ed.)
- Ciencia GeoGráfica. (Marzo de 2008). *Ciencia GeoGráfica*. Obtenido de Los Ríos: <http://cienciageografica.carpetapedagogica.com/2008/03/los-ríos.html>
- Comision Nacional de Agua. (1997). *Conduccion*. Mexico: Comision Nacional de Agua.
- Congreso de la República de Guatemala. (1997). Código de Salud. *Agua potable*.
- Congreso de la República de Guatemala. (2002). Código Municipal. *Competencias Municipales*, 20-21.
- Consejo de Desarrollo Departamental de Chimaltenango. (2011). *Plan de Desarrollo de Chimaltenango*. SEGEPLAN.
- De la Lanza, G., Cárces, C., & Adame, S. (s.f.). *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. México.
- De Lucas, A. (1999). *Análisis del binomio energía-medioambiente*. Cuenca: Universidad de Castilla-La Mancha.

- Diersing, N. (2009). *Water Quality: Frequently Asked Questions*. PDF. E.U. Politécnica . (s.f.). *Manual de carbón activo*. PDF, Universidad de Sevilla.
- El Portal Profesional del Medio Ambiente*. (s.f.). Recuperado el mayo de 9 de 2016, de El consumo de agua en porcentajes: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp#
- ENCOVI. (2011). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida.
- Estrada., C. R. (s.f.). *Tratamiento de aguas residuales mediante filtros e hidrosistemas naturales con pasto vetiver*. PDF., Vetivercol: Servicios y consultorías.
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Turrialba.
- Gaspari, F., & et-al. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 143-158.
- Gobierno de Guatemala. (2013). *Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento*. PDF.
- Grupo de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Sevilla. (2010). *El portal profesional del medio ambiente*. Recuperado el 15 de junio de 2016, de Agua subterránea: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/agua_subterranea.asp#
- HUACHAOTECH. (4 de 11 de 2016). Obtenido de Huachao Tech: <http://www.huachao-steel.com/es/products/api-5l-tubos-de-conduccion-sin-costuras-ID571.html>
- Hudson, N. (2006). *Conservación del suelo*. Barcelona: Reverté.
- Instituto Nacional de Estadística . (2014). *Caracterización República de Guatemala*. PDF, Guatemala.
- INSIVUMEH. (2016). Obtenido de Glosario Hidrológico: <http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2005). *Situación del Recurso Hídrico en Guatemala*. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: Hector Tuy.
- Instituto Nacional de Estadística. (2014). *Caracterización departamental Chimaltenango 2013*. PDF.
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). *República de Guatemala: Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014*. PDF.
- López, F. (s.f.). *Microcuenca del río Xayá, Tecpán Guatemala Reconocimiento económico al servicio ambiental hídrico como una alternativa para la conservación y restauración de la biodiversidad natural, mediante la protección de bosques naturales productores de agua para la ciudad de Guatemala*. PDF, Guatemala.

- Martel, A. B. (s.f.). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua*. PDF.
- Microlab Industrial. (11 de diciembre de 2014). *Cloración en los procesos de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 2 de diciembre de 2016, de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UV_RAo_4mpcJ:www.microlabindustrial.com/blog/cloracion-en-los-procesos-de-tratamiento-de-aguas-residuales+&cd=9&hl=en&ct=clnk&gl=gt
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2016). *Importancia del manejo de los ríos Xayá y Pixcayá para abastecer de agua potable a la ciudad de Guatemala*. PDF.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2006). *Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro*. PDF.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2013). *Acuerdo Ministerial No. 523-2013*. PDF.
- MSE. (2005). *Fuentes de Abastecimiento de Agua*. Madrid.
- MSPAS. (2012). Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento.
- MSPAS. (2016). Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento.
- Muguerza, D. (2005). *Micro Centrales Hidroeléctricas*. Argentina.
- Municipalidad de Guatemala. (s.f.). *Plantas y tratamientos*. Recuperado el 7 de mayo de 2016, de Sistema Xayá-Pixcayá y Planta de Tratamiento Lo De Coy: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/48-xayapixcayacoy>
- Naciones Unidas. (2005). *Decenio Internacional para la acción 'El agua fuente de vida' 2005-2015*. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de El derecho humano al agua y al saneamiento: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Recuperado el 7 de mayo de 2016, de Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Núñez, J. (2001). *Manejo y Conservación de Suelos*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia .
- ONU. (2015). Organización de Naciones Unidas. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Ordoñez, J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrológica?* Lima: Sociedad GeoGráfica de Lima .
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. PDF.

- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Organización Panamericana de la Salud. (1985). *Guías para la calidad de agua potable*. Recuperado el 2016 de junio de 12, de <https://books.google.com.gt/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA1&dq=calidad+del+agua&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjqlOiC36HNAhVGXR4KHb5VATsQ6AEIPTAD#v=onepage&q=calidad%20del%20agua&f=false>
- Otálvaro, M. V. (1999). *Hidráulica de aguas subterráneas*. PDF, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Pacheco, G. R. (2003). *Evaluación del funcionamiento de un dispensador de cloro artesanal*. PDF, USAC.
- Perdomo, F. (1990). *Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos*. Cinara: Universidad del Valle.
- Pérez Franco, D. (2004). De la rueda hidráulica a las estaciones hidroeléctricas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 3-8.
- Rodríguez V., J. A. (s.f.). *Tratamiento anaerobio de aguas residuales*. PDF, Universidad el Valle.
- Rodríguez., G. A. (1988). *Diagnóstico Subcuencas Prioritarias Piloto Xayá Pixcaya, Guatemala*. Recuperado el 7 de mayo de 2016, de Google Books: <https://books.google.com.gt/books?id=O-IOAQAIAAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=diagnostico+de+la+subcuenca+xaya+pixcaya&source=bl&ots=w724DwmFU3&sig=lzEOxFW0XIMndH6YJSevYHtull0&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiW86DbxrjQAhUHVyYKHTVPBgoQ6AEIOTAE#v=onepage&q=diagnostico%20de%20la%20subcuenca%20xaya%20pixcaya&f=false>
- Rojas, P. J. (2004). *Uso, reuso, y reciclaje del agua residual en una vivienda*. PDF, Guatemala.
- Samayoa., E. A. (julio de 2009). Reuso de efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus central de la Universidad Rafael Landívar para el riego de los jardines del campus. *AUSJAL*, 41.
- Sánchez Domínguez, U. (2012). *Máquinas Hidráulicas*. San Vicente Alicante: Editorial Club Universitario.
- Schobert, H. H. (2002). *Energy an society*. New York: Taylor & Francis.
- SEGEPLAN. (2012). Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia.
- Soto, H. (2010). *Riesgos y Peligros: Exploraciones Geológicas para la Minería en Gran Altura Geográfica*. California .
- Tarquin, L. B. (2012). *Engineering Economy*. New York: McGraw-Hill.

U.S. Geological Survey. (02 de Mayo de 2016). *USGS science for a changing world*. Obtenido de <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

UDLP. (2005). Diseño de Línea de Conducción Y Red de Distribución. En *Sistemas de Agua Potable*. Puebla: Universidad de las Américas de Puebla.

UNESCO. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. PDF.


University of Nebraska-Lincoln. (s.f.). *School of Natural Resources*. Recuperado el 30 de mayo de 2016, de Nebraska Real-Time Groundwater Monitoring Network: <http://snr.unl.edu/data/water/groundwater/realtime/waterdistribution.aspx>

Villodas, R. (2008). *Hidrología*. Mendoza.


Zumaeta, M. A. (2004). *Aspectos biológicos del agua*. PDF.

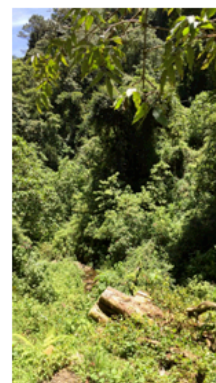
XII. ANEXOS


A. Fichas técnicas de caracterización de las fuentes de agua de la subcuenca del acueducto Xaya-Pixcayá

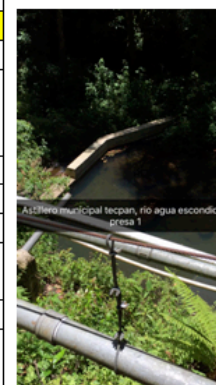
Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 04/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jhonatan Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Chuachalí				Información adicional	
	Categoría: Caserío				Caudal: NO HAY INFORMACION	
	Número de beneficiarios: 827 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto		Terracería	
			Vereda		Sin acceso	
	El nacimiento se encuentra ubicado dentro del caserío Chuchalí, se puede ingresar con vehículo ya que el camino es de terracería.					
Desinfección		Gas	Líquido	Polvo	Tipo: NO TIENE DESINFECCION	
Tipo de fuente		Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba		Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: NO USA BOMBA
Ubicación		Lat. Fuente/Población E00447361		Long. Fuente/población USRN01635948	Elev. Fuente/Población 2,517 metros	
Conducción		PVC	Canal	Metal	Otro: NO TIENE CONDUCCION	
Características de obra civil						
El nacimiento es captado a través de una presa de mampostería donde almacenan el agua que brota de un tubo que se encuentra incrustado subterráneo, este nacimiento fue descubierto por la comunidad, no cuentan con un sistema de conducción de agua, como se ve en la foto, únicamente tienen la captación de mampostería.						
Comentarios:						
Las personas del caserío Chuachalí recogen agua a través de baldes que son llevados a sus casas ya que no cuentan con un sistema de conducción hacia las casas, sin embargo los pobladores mencionaban que se abastecen de agua pero desconocen el lugar ya que se encuentra dentro de una finca privada a la cual no está permitido el ingreso.						
Las personas de este caserío para lavar ropa utilizan el excedente de agua que hay en la captación y se juntan en una pileta donde llega este excedente de agua.						





Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelexencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 10/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jonatán Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Panabajal				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: 2.19L/s	
	Número de beneficiarios: 1176 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso para el nacimiento de la Aldea Panabajal se encuentra en el astillero municipal de Tecpán, se ingresa por agua escondida por un camino de terracería, luego hay que caminar 30 minutos para llegar al punto de captación por vereda, caminando únicamente.			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00444918		Long. Fuente/población USRN01637597		Elev. Fuente/Población 2,592 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil La captación esta realizada de una caja de concreto pegada a un talud natural de esta montaña conocida como la giralda dentro del astillero municipal de tecpán, la conducción es mixta ya que en su mayoría es transportada subterránea por tubería PVC, sin embargo hay pasos aéreos y zanjones de tubería galvanizada.						
Comentarios: Este nacimiento abastece a dos comunidades que son Panabajal y Pacorral, tienen la misma captación sin embargo una caja de concreto que divide el caudal para abastecer a las dos comunidades, es importante mencionar que se debe llevar ropa adecuada para escalar la vereda, tiene un clima bastante frío y hay que caminar 30 minutos subiendo por la vereda para llegar a la captación						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelexencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 10/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jonatán Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Vista Bella, Panimacoc, Pamanzana, Xenimanjuyú				Información adicional	
	Categoría: Caserío				Caudal:	
	Número de beneficiarios: 4073 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es de terracería hasta el astillero municipal, se puede dejar el vehículo, luego se ingresa por vereda caminando 40 minutos para llegar a la captación			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00444837		Long. Fuente/población USRN01636994		Elev. Fuente/Población 2,650 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil Esta captación es una presa con un muro de concreto donde detienen el agua del río Agua Escondida, donde posteriormente es trasladada por una conducción mixta debido a los pasos aéreos y zanjones que se ven como obras de arte de sanitaria, donde es utilizada la tubería de galvanizado, así también en la parte subterránea de la conducción se podía observar tubería de PVC						
Comentarios: Esta captación es conocida como las 7 comunidades, debido a que esta presa es utilizada para abastecer de agua potable a San Jose Chirijuyú, Chirijuyú, Patio Bolas y las de nuestro interés que son Vista Bella, Panimacoc, Pamanzana, Xenimanjuyú.						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 10/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jhonatan Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: San Antonio zona 4 casco urbano				Información adicional	
	Categoría: Barrio				Caudal:	
	Número de beneficiarios: 4073 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
			Asfalto		Terracería	
			Vereda		Sin acceso	
	Ruta de acceso		Se encuentra ubicada en la finca San Francisco a la orilla de la carretera interoamericana, el acceso es vehicular, se debe solicitar permiso a la finca para ingresar ya que es privada			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00446434		Long. Fuente/población USRN01638678		Elev. Fuente/Población 2,427 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Las características de la obra básicamente se basa en una caja de captación de concreto donde se almacena el agua, con una bomba succionan el agua y posteriormente es trasladada por una tubería de galvanizado, ya que la conducción se encuentra expuesta en la finca. Se tiene una bodega de mampostería donde tiene guardada la bomba.						
Comentarios:						
Hay que considerar que para acceder se debe solicitar permiso, ya que esta captación se encuentra en una finca privada conocida como San Francisco, se debe de ingresar y en un recorrido de 3 kilometros se encuentra el nacimiento.						


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 11/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jhonatan Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Cruz de Santiago				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: 7 L/s	
	Número de beneficiarios: 923 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
			Asfalto		Terracería	
			Vereda		Sin acceso	
	Ruta de acceso		El ingreso es por una vereda, únicamente caminando, para llegar al punto de captación se debe de tomar por la montaña conocida como "La Colina" 50 minutos caminando para llegar			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00444470		Long. Fuente/población USRN01633592		Elev. Fuente/Población 2,591 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
En este nacimiento se encuentra una caja de concreto en la que es captada el agua, para posteriormente a través de una conducción por gravedad de tubería PVC es trasladado hacia la comunidad						
Comentarios:						
Este nacimiento se encuentra bastante retirado de la comunidad Cruz de Santiago, Se debe de tener en consideración ir preparado para llegar hacia el punto de captación con ropa adecuada, lazos y herramientas que puedan ser de ayuda, ya que en diferentes partes se camina a la orilla de un talud en un camino bastante angosto, El guardabosque conozco exactamente el camino para llegar ya que él fue quien nos acompañó durante la visita.						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD UG GUATEMALA DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 11/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jonatán Ventura	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: San Lorenzo Poromá				Información adicional	
	Categoría: Barrio casco urbano zona 2				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 1663 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es vehicular hasta el astillero municipal de Tecpán Guatemala, ingresando por la aldea Agua Escondida, luego se debe de caminar durante la montaña conocida como "La Giralda" en una vereda durante 50 minutos para llegar a este punto			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Recíprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00444852		Long. Fuente/población USRN01636811		Elev. Fuente/Población 2,631 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Esta captación es a través de una presa de un muro de concreto, que toma el río de Agua escondida, posteriormente es trasladada por una conducción mixta donde se observan diferentes obras de arte de sanitaria como cajas rompe presión, Zanjones y pasos aéreos.						
Comentarios:						
Se mencionaba que el nombre del río Agua Escondida era debido a que una parte de él se encontraba subterránea.						


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD UG GUATEMALA DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 12/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Xetzac				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: 1.50 L/s	
	Número de beneficiarios: 1178 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es por el caserío Chuachalí, llegando en vehículo hasta el caserío, luego inicia el camino de vereda para llegar al punto de captación, es un camino bastante ancho, transporte con caballo o a pie, 20 minutos caminando para llegar al punto			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Recíprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00446094		Long. Fuente/población USRN01635409		Elev. Fuente/Población 2,590 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
En esta captación se puede observar que es una caja de concreto enterrada donde absorbe el agua que sale de la montaña, la conducción es mixta, debido a que no toda la tubería se encuentra subterránea, ya que existen obras de arte sanitarias como lo son zanjones para cruzar riachuelos y paso aéreos.						
Comentarios:						
Xetzac se abastece de dos nacimientos ubicados en la misma montaña, este es el nacimiento numero 1						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 <p>1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p> <p>Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO</p>	Información general				Fecha: 12/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Xetzac				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: 1.50 L/s	
	Número de beneficiarios: 589 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es por el caserío Chuachalí, llegando en vehículo hasta el caserío, luego inicia el camino de vereda para llegar al punto de captación, es un camino bastante ancho, transporte con caballo o a pie, 40 minutos caminando para llegar al punto			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00446573		Long. Fuente/población USRN01635505		Elev. Fuente/Población 2,602 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil En esta captación se puede observar que es una caja de concreto enterrada donde absorbe el agua que sale de la montaña, la conducción es mixta, debido a que no toda la tubería se encuentra subterránea, ya que existen obras de arte sanitarias como lo sonzanjones para cruzar riachuelos y paso aéreos.						
Comentarios: Xetzac se abastece de dos nacimientos ubicados en la misma montaña, este es el nacimiento numero 2, Esta cerca de un potrero y un riachuelo que solo crece en temporadas de lluvia.						

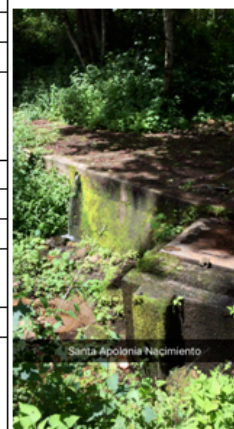



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 <p>1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p> <p>Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO</p>	Información general				Fecha: 12/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:	
	Municipio: Tecpán Guatemala				Teléfono:	
	Poblado: Paxorotot				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 1290 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo:	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Comentarios:						

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 16/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:	
	Municipio: Santa Apolonia				Teléfono:	
	Poblado: Santa Apolonia				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: 23.64 L/s	
	Número de beneficiarios: 5250 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
			Asfalto		Terracería	
			Vereda		Sin acceso	
	Ruta de acceso		El acceso al sistema de agua del casco urbano de Santa Apolonia, esta adoquinado en el centro, sin embargo hay que desviarse unos 500 metros en terracería para llegar, el lugar es conocido como Xejul			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00448721		Long. Fuente/población USRN01635159		Elev. Fuente/Población 2,311 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
El sistema de agua es un pozo mecánico, con tubería de metal, para la succión y transporte hacia el tanque de almacenamiento, posteriormente la conducción es de PVC.						
Comentarios:						
Santa Apolonia cuenta con un pozo mecánico y también con un nacimiento, este sistema es el del pozo mecánico donde cabe mencionar que se utiliza la bomba para succionar el agua del pozo, luego es transportada por gravedad.						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 16/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:	
	Municipio: Santa Apolonia				Teléfono:	
	Poblado: Santa Apolonia				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 5250 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
			Asfalto		Terracería	
			Vereda		Sin acceso	
	Ruta de acceso		El nacimiento que abastece al casco urbano de Santa Apolonia se encuentra ubicado en el astillero municipal de Tecpán Guatemala, por la aldea Agua Escondida, El camino es por vereda único acceso caminando 20 minutos			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro: GRAVEDAD	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E0044695		Long. Fuente/población USRN01638428		Elev. Fuente/Población 2,547 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
El sistema de agua es un nacimiento captado a través de una caja de concreto donde almacenan el agua, la conducción es de PVC por gravedad hasta el municipio						
Comentarios:						
Santa Apolonia cuenta con un pozo mecánico y también con un nacimiento, El encargado mencionaba que este nacimiento lo utilizan para conectar mangueras que sirven de riego para el cultivo en tiempo de verano, se desconoce el caudal.						


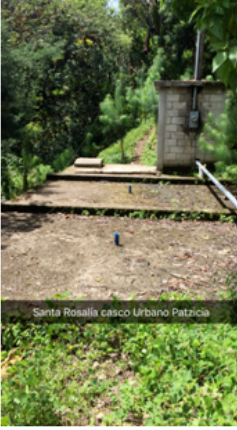



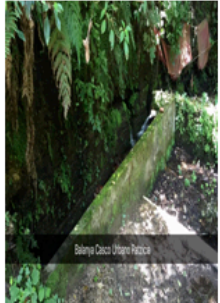
Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excelencia que trasciende</i> DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 07/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Comité de agua	
	Municipio: Patzicía				Teléfono:	
	Poblado: Patzicía				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 400 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso se encuentra por la carretera interamericana en el kilómetro 70, el acceso es vehicular			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: NO TIENE	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00453965		USRN01618789		2,122 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Es un pozo mecánico con una bomba sumergible y una externa con la que abastecen de agua al casco urbano, la conducción es de PVC						
Comentarios:						
Sistema conocido como Sarahemba, se encuentra ubicado a la par de una antena de Tigo, los encargados es el comité de agua, no cuenta con ningún tipo de desinfección, se desconoce el caudal del pozo						







Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA <i>Excelencia que trasciende</i> DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 07/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Comité de agua	
	Municipio: Patzicía				Teléfono:	
	Poblado: Patzicía				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 4250 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Se encuentra dentro del casco urbano, sin embargo para acceder hay que ingresar a un terreno municipal, en el que hay que descender por una vereda 5 minutos para llegar al punto de captación			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: NO TIENE	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00452265		USRN01618773		2,063 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Esta captación se encuentra en un riachuelo, el cual es captado a través de una caja de concreto, la bomba es externa y se encuentra ubicada en una bodega de mampostería, la conducción sube por tubos de metal ya que este se encuentra expuesto, luego se utiliza tubería PVC subterránea						
Comentarios:						
Sistema conocido como Pachitup, No cuenta con ningún tipo de desinfección a pesar que es la captación que abastece a la mayor cantidad de habitantes dentro del casco urbano de patzicía						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 GUATEMALA DEL VALLE DE Excelexencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 07/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Municipalidad	
	Municipio: Patzicía				Teléfono:	
	Poblado: Patzicía				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: 7 L/s	
	Número de beneficiarios: 1550 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es por una vereda únicamente caminando 35 minutos			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00451536		Long. Fuente/población USRN01619280		Elev. Fuente/Población 1,957 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
El nacimiento es captado con una caja de concreto donde se almacena el agua, posteriormente es conducida por una bomba externa ubicada dentro de una bodega de mampostería, la conducción es mixta debido a que hay partes donde se encuentra expuesta a la intemperie, la parte subterránea es de PVC						
Comentarios:						
Para llegar la vereda es en descenso, llevar lasos o cintas para irse agarrando, debido a que el camino es bastante empinado, Este es nombrado Sistema Santa Rosalia						
						


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 GUATEMALA DEL VALLE DE Excelexencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general				Fecha: 07/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Municipalidad	
	Municipio: Patzicía				Teléfono:	
	Poblado: Patzicía				Información adicional	
	Categoría: Casco urbano				Caudal: 5 L/s	
	Número de beneficiarios: 2150 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El camino es bastante ancho sin embargo es bastante empinado, el acceso de vehículo es posible pero riesgoso, preferentemente caminando, descendiendo 15 minutos			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00463754		Long. Fuente/población USRN01621458		Elev. Fuente/Población 2,070 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
El nacimiento es proviene de un talud, donde existe un caminamiento para llevar el agua hacia el primer punto de captación que es un muro de concreto enfrente del talud, luego se tiene un canal de concreto que transporta el agua hacia una caja de concreto donde es almacenada. Cuenta con una bomba externa dentro de una bodega de mampostería, la línea de conducción es mixta entre galvanizado y PVC						
Comentarios:						
No se recomienda el ingreso en vehículo, pues es un camino de terracería resbaloso y empinado, Sistema cercano a Santa Cruz Balanyá, nombrado Sistema Balanyá						
						

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 <p>1966</p> <p>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p> <p>Excelencia que trasciende</p> <p>DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO</p>	Información general				Fecha: 08/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Comité de agua	
	Municipio: Patzún				Teléfono:	
	Poblado: Cerritos Asunción, Las Parcelas, El Paraíso				Información adicional	
	Categoría: Caseríos				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 610 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El ingreso es por el caserío Cerritos Asunción en terracería, acceso vehicular			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00449915		Long. Fuente/población USRN01624248		Elev. Fuente/Población 2,218 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Pozo mecánico con una bomba una sumergible, resguardada de una estructura de madera, la línea de conducción es de PVC						
Comentarios:						
Este pozo mecánico lo comparten tres caseríos, el cual no abastece a toda la población. Se comentaban que tienen que sectorizar por horas para lograr abastecer a las personas de estos caseríos.						
				 <p>Cerritos Asunción-Parcelas-Paraiso</p>		


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 <p>1966</p> <p>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p> <p>Excelencia que trasciende</p> <p>DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO</p>	Información general				Fecha: 09/09/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Comité de agua	
	Municipio: Patzún				Teléfono:	
	Poblado: La Canoa, Potrerillos				Información adicional	
	Categoría: Aldea, Caserío				Caudal: L/s	
	Número de beneficiarios: 925 habitantes				Foto:	
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es vehicular por toda una calle de adoquín y una pequeña parte de terracería			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00449551		Long. Fuente/población USRN016221227		Elev. Fuente/Población 2,168 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Pozo mecánico con una bomba una sumergible, la línea de conducción es de PVC						
Comentarios:						
Este pozo mecánico es de la Aldea la Canoa, conocido como Sistema la Canoa, comparte el mismo sistema para el caserío Potrerillos						
				 <p>La Canoa-Potrerillos Patzún</p>		

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general			Fecha: 10/09/2016		
	Departamento: Chimaltenango			Técnico: Fontanero municipal		
	Municipio: Santa Cruz Balanyá			Teléfono:		
	Poblado: Santa Cruz Balanyá			Información adicional		
	Categoría: Casco urbano			Caudal: 9 L/s		
	Número de beneficiarios: 1800 habitantes			Foto:		
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			El acceso es únicamente caminando por vereda			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo:	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00454059		Long. Fuente/población USRN01621629		Elev. Fuente/Población 2,075 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil La captación es una caja de concreto, con una conducción mixta entre tubería de metal y PVC, utilizando una bomba externa para transportar el agua hasta el tanque de distribución						
Comentarios: Este sistema es conocido como "Patuc", Santa Cruz Balanyá cuenta con 3 sistemas de abastecimiento de agua potable para el casco urbano						




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general			Fecha: 10/09/2016		
	Departamento: Chimaltenango			Técnico: Fontanero municipal		
	Municipio: Santa Cruz Balanyá			Teléfono:		
	Poblado: Santa Cruz Balanyá			Información adicional		
	Categoría: Casco urbano			Caudal: 5 L/s		
	Número de beneficiarios: 1375 habitantes			Foto:		
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Se encuentra ubicado dentro del casco urbano de Santa Cruz Balanyá, el camino es de adoquín, acceso vehicular, fácil acceso			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Tabletas de cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población E00454540		Long. Fuente/población USRN01623549		Elev. Fuente/Población 2,092 metros	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil Es un pozo mecánico, con bomba sumergible, conducción de PVC hacia el tanque de distribución, se encuentra dentro de una bodega de mampostería.						
Comentarios: El tanque de distribución se encuentra a un costado de este pozo mecánico, directamente el agua que es succionada es enviada al tanque de distribución. Este sistema es conocido como "La Independencia"						



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá				
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general			Fecha: 10/09/2016
	Departamento: Chimaltenango			Técnico: Fontanero municipal
	Municipio: Santa Cruz Balanyá			Teléfono:
	Poblado: Santa Cruz Balanyá			Información adicional
	Categoría: Casco urbano			Caudal: 12.64 L/s
	Número de beneficiarios: 1950 habitantes			Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería Vereda Sin acceso
	El acceso es vehicular por el Caman de Patzicía, se ingresa a un camino de vereda caminando 2 minutos, fácil acceso			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: GRAVEDAD
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población	Elev. Fuente/Población
	E00452035		USRN01623884	2,126 metros
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:
Características de obra civil				
Se encuentra en una de las montañas del Caman, la captación es una caja de concreto subterránea, la conducción es por tubería de PVC. Se utiliza una bomba para extraer el agua, posteriormente es enviada por gravedad, tiene un transporte mixto.				
Comentarios:				
Este nacimiento se encuentra fuera del municipio de Santa Cruz Balanyá, este es conocido como el sistema "Las Pilas"				



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá				
 1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO	Información general			Fecha: 11/09/2016
	Departamento: Chimaltenango			Técnico:
	Municipio: Zaragoza			Teléfono:
	Poblado: Tzulche			Información adicional
	Categoría: Aldea			Caudal: L/s
	Número de beneficiarios:			Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería Vereda Sin acceso
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población	Elev. Fuente/Población
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:
Características de obra civil				
Comentarios:				
El encargado era un comité de agua, quien menciona que se desconocía la ubicación de este sistema debido a derrumbes, por lo que ahora solo se están abasteciendo de agua pero no saben donde se encuentra.				

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcaya monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>						
	Información general				Fecha: 05/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero	
	Municipio: Tecpan				Telefono: ---	
	Poblado: Pacorral, Tzanabaj				Información adicional	
	Categoría: Casco Urbano				Caudal: 1 L/s	
	Numero de beneficiados 889 personas				Foto:	
	Tipo de población		Urbana	Rural		
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería		Vereda
Acceso con Vehículo						
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captación		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrífuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	-90.945953		14.7277109		2244	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Obra de captación de concreto, con un sistema de transporte mixto al tanque de distribución						
Comentarios: Abastece a dos comunidades.						

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico				
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>				
Información general				Fecha: 06/08/2016
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
Municipio: Tecpan				Telefono: ---
Poblado: San Jose Chirijuyu, Chirijuyu.				Información adicional
Categoría: Casco Urbano				Caudal: 3.54 L/s
Numero de beneficiados: 2337 personas				Foto:
Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfato	Terracería Vereda Sin acceso	
El Croner, Astillero Municipal de Tecpan				
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población	
	-90.015151		14.8087719	
		Elev. Fuente/Población		2654m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:
Características de obra civil				
Obra de captacion de concreto, con un sistema de transporte mixto al tanque de distrivucion				
Comentarios: Abastecimiento de 5 comunidades, de las cuales 2 estan dentro de la cuenca del Pixcaya				

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico				
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>				
Información general				Fecha: 17/08/2016
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jairo Perez
Municipio: Zaragoza				Telefono: -
Poblado: Agua Dulce, 29 de Diciembre, El Cuntic				Información adicional
Categoría: Caserio				Caudal: 0.75 L/s
Numero de beneficiaries: 715 personas				Foto:
Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfato	Terracería Vereda Sin acceso	
Acceso en Vehiculo sobre la carretera principal.				
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población	
	E00458649		USRN01618793	
		Elev. Fuente/Población		2094 m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:
Características de obra civil				
<ul style="list-style-type: none"> Pozo mecanico en busnas condiciones excondido entre matorrales por problemas con persona Tuberia de Hierro Galvanizada de 4" 				
Comentarios:				
Extraccion de agua del pozo por bombeo hasta el tanque de distribucion				



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha: 17/08/2016
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Emilio García
Municipio: Zaragoza					Telefono: -
Poblado: Rincon Grande					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: 2.57 L/s
Numero de beneficiados 1154 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
Acceso a pie, por una vereda en la montaña					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: No tiene	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población			Elev. Fuente/Población
	E00457321	USRN01623406			1189m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Cajon de concreto en la montaña					
Comentarios:					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha: 18/08/2016
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Emilio García
Municipio: Zaragoza					Telefono: -
Poblado: Joya Grande					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: -- L/s
Numero de beneficiados 1665 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
Acceso Vehicular, con carretera pavimentada					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: No tiene	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población			Elev. Fuente/Población
	E00458394	USRN01622110			2055m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Cuenta con una cazeta de block, el pozo tiene una profundidad de 1200 pies de profundidad, Bomba de 80 HP					
Comentarios:					




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
	Información general				Fecha: 18/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Emilio Garcia
	Municipio: Zaragoza				Telefono: -
	Poblado: Joya Grande				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: 2.34 L/s
	Numero de beneficiados 1665 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso	
Acceso a pie, por una vereda					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: No tiene	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00455352		USRN01618561		2131
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Sistema de Captación elaborado de concreto, con una conducción mixta de PVC y tubería metálica					
Comentarios:					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
	Información general				Fecha: 18/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Ricardo Giron
	Municipio: Zaragoza				Telefono: -
	Poblado: Puerta Abajo				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: 2.84 L/s
	Numero de beneficiaries 710 Personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso	
Acceso con Vehículo por carretera de Pavimentada					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E0045959938		USRN1621105		1989
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Pozo Mecánico, se desconoce la profundidad.					
Comentarios: Sistema Aldea Puerta Abajo					




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
Información general				Fecha: 19/08/2016	
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Jorge Argueta	
Municipio: Zaragoza				Telefono: -	
Poblado: Potrerillos				Información adicional	
Categoría: Aldea				Caudal: 5.0 L/s	
Numero de beneficiados 495 personas				Foto:	
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfalto		Terracería	
		Vereda		Sin acceso	
Acceso por Vereda a pie					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00456330		USRN01621130		2030m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
creto, captación y conducción con tubería PVC, cuarto de bombeo externo a un costado de la presa					
Comentarios: Sistema Las Nieves					



Potrerillos Zaragoza

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
Información general				Fecha: 20/08/2016	
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Rigoberto Figueroa	
Municipio: Zaragoza				Telefono:	
Poblado: Zaragoza				Información adicional	
Categoría: Casco Urbano				Caudal: 11L/s	
Numero de beneficiados 180 personas				Foto:	
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfalto		Terracería	
		Vereda		Sin acceso	
Acceso sobre la carretera interamericana / a un costado de hacienda Zaragoza					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captación	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00457637		USRN01618959		2552 m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de captación por un pozo mecánico, conducción por tubería metálica y un Sistema mixto con extracción con bomba en pozo y conducción hacia el tante de distribución por gravedad.					
Comentarios: Tanque Manuel Cardenas					




Zaragoza Pacho Casco Urbano


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua de los ríos Xayá y Balanyá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general				Fecha: 20/08/2016	
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Andres Figueroa	
Municipio: Zaragoza				Telefono: -	
Poblado: Zaragoza				Información adicional	
Categoría: Casco Urbano				Caudal:	
Numero de beneficiaries 7574 personas				Foto:	
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfato		Terracería	
		Vereda		Sin acceso	
Ingreso a la zona de captacion del Nacimiento por una vereda a pie.					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo:	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00458445		USRN01619097		2064 m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de Captacion de concreto en un nacimiento, bomba de 20 HP					
Comentarios: La Barranquilla					

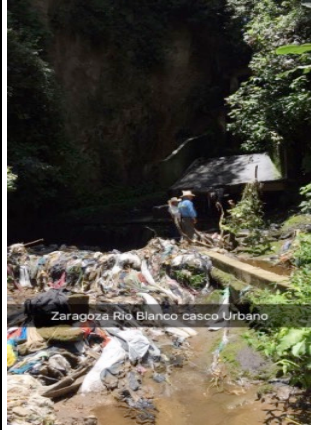


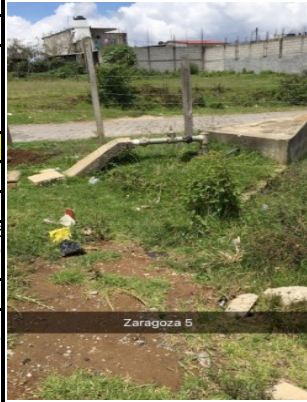
Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general				Fecha: 20/08/2016	
Departamento: Chimaltenango				Técnico: Andres Figueroa	
Municipio: Zaragoza				Telefono: -	
Poblado: Zona 1 y 2 del casco Urbano				Información adicional	
Categoría: Casco Urbajo				Caudal: 8.40 L/s	
Numero de beneficiaries 725 personas				Foto:	
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfato		Terracería	
		Vereda		Sin acceso	
Acceso en Vehiculo, por carretera pavimentada					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Automatico	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00458031		USRN01619039		2128m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Linea de conduccion por bombeo en tuberia PVC con un Sistema de desinfeccion automatic con cloro inyectado.					
Comentarios: Sistema El Aserradero					



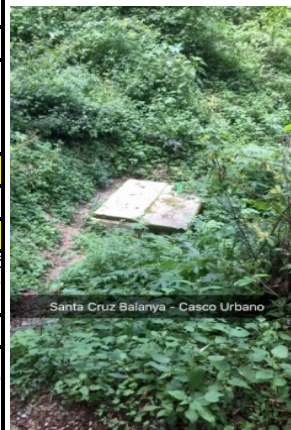
Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico				
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>				
	Información general			Fecha: 20/08/2016
	Departamento: Chimaltenango			Técnico: Andres Figueroa
	Municipio: Zaragoza			Telefono: -
	Poblado: Zaragoza			Información adicional
	Categoría: Casco Urbano			Caudal:
	Numero de beneficiaries			Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural
Ruta de acceso		Asfato	Terracería Vereda Sin acceso	
Ubicado en el parquet central de Zaragoza				 <p>Pozo mecánico Zaragoza el Centro</p>
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga Reciprocante Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población	Elev. Fuente/Población	
	E00457860	NSRN01619981	2078m	
Conducción	PVC	Canal	Metal Otro:	
Características de obra civil				
Obra totalmente cubierta, obra subterránea de concreto en el parquet central				
Comentarios: Sistema El Parque				

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico				
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>				
	Información general			Fecha: 20/08/2016
	Departamento: Chimaltenango			Técnico: Andres Figueroa
	Municipio: Zaragoza			Telefono: -
	Poblado: Zaragoza			Información adicional
	Categoría: Casco Urbano			Caudal: 4 L/s
	Numero de beneficiaries 112 Personas			Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural
Ruta de acceso		Asfato	Terracería Vereda Sin acceso	
Lotificación La Cascada Zaragoza				 <p>Pozo mecánico Zaragoza</p>
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga Reciprocante Otro:	
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población	Elev. Fuente/Población	
	E00458898	NSRN01620515	2064	
Conducción	PVC	Canal	Metal Otro:	
Características de obra civil				
Sistema de Abastecimiento por Bombeo de agua de un pozo mecánico en lotificación la Cascada				
Comentarios: Sistema La Cascada				

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico							
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>							
Información general					Fecha: 20/08/2016		
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Luis Marroquin		
Municipio: Zaragoza					Telefono: -		
Poblado: Zaragoza					Información adicional		
Categoría: Casco Urbano					Caudal:		
Numero de beneficiaries					Foto:		
Tipo de población			Urbana	Rural	 <p>Zaragoza Río Blanco casco Urbano</p>		
Ruta de acceso			Asfalto	Terracería		Vereda	Sin acceso
			Acceso por una vereda ubicada en un barranco en Río Blanco Zaragoza				
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Sin desinfección			
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:			
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:		
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población		
	E00458026		USRN01620750		2037m		
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:			
Características de obra civil							
Nacimiento con un Sistema de captación de concreto, mediante un Sistema de marcos de vigas y columnas							
Comentarios: Sistema Puerta abajo, ubicada sobre el río blanco en un barranco con Sistema de conducción por bombeo							

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico							
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>							
Información general					Fecha: 20/08/2016		
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Jose Luis Perez		
Municipio: Zaragoza					Telefono: -		
Poblado: Zaragoza					Información adicional		
Categoría: Casco Urbano					Caudal: 9.46 L/s		
Numero de beneficiaries					Foto:		
Tipo de población			Urbana	Rural	 <p>Zaragoza 5</p>		
Ruta de acceso			Asfalto	Terracería		Vereda	Sin acceso
			Por Carretea Asfaltada, con vehiculo				
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro			
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:			
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:		
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población		
	E00457124		USRN01619425		2059m		
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:			
Características de obra civil							
Comentarios: Sistema El Perique							

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcaya monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>						
	Información general					Fecha: 23/08/2016
	Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
	Municipio: Santa Cruz Balanya					Telefono: ---
	Poblado: Santa Cruz Balanya					Información adicional
	Categoría: Casco Urbano					Caudal: ---
	Numero de beneficiados 1950 personas					Foto:
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Acceso Vehicular por Santa Cruz Balanya			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00452035		USRN01623884		2126m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Obra de captacion de concreto, con un sistema de transporte mixto al tanque de distrivucion						
Comentarios: Nacimiento Las Pilas						



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcaya monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>						
	Información general					Fecha: 23/08/2016
	Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
	Municipio: Santa Cruz Balanya					Telefono: ---
	Poblado: Santa Cruz Balanya					Información adicional
	Categoría: Casco Urbano					Caudal: ---
	Numero de beneficiados 1375 personas					Foto:
	Tipo de población		Urbana		Rural	
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Casco Urbano			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00454540		USRN01623548		2092m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Pozo con un sistema de bombeo en una cazeta, a un costado del pozo						
Comentarios: Pozo Mecanico La Independencia						



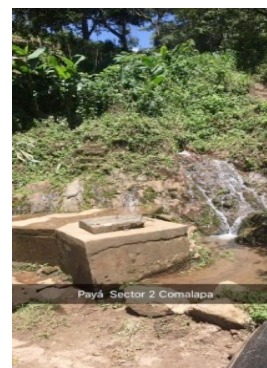
Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>						
	Información general				Fecha: 23/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero	
	Municipio: Santa Cruz Balanya				Telefono: ---	
	Poblado: Santa Cruz Balanya				Información adicional	
	Categoría: Casco Urbano				Caudal: ---	
	Numero de beneficiados 1950 personas				Foto:	
	Tipo de población		Urbana	Rural		
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Acceso Vehicular por Santa Cruz Balanya			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00454059		USRN01621629		2075m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Obra de captacion por zanzones, hasta llevar el agua a la zona de captacion, esta sobre un talud, el cual tiene un boveda de concreto.						
Comentarios: Nacimiento Patuc						



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>						
	Información general				Fecha: 24/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero	
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---	
	Poblado: Paya				Información adicional	
	Categoría: Sector 1				Caudal: ---	
	Numero de beneficiados 127 personas				Foto:	
	Tipo de población		Urbana	Rural		
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
			Acceso por un camino angosto en un cerro.			
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion		
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00456116		USRN01633231		2196m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Obra de captacion dentro de la comunidad, captacion de un nacimiento, protegido con una caja de concreto de captacion.						
Comentarios: Paya Sistema 1/3						



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
	Información general				Fecha: 24/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Paya				Información adicional
	Categoría: Sector 2				Caudal: --
	Numero de beneficiados 92 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda Sin acceso
			Acceso por un camino angosto en un cerro.		
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00456075		USRN01633555		2204m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de captacion dentro de la comunidad, captacion de un nacimiento, protegido con una caja de concreto de captacion.					
Comentarios: Paya Sistema 2/3					

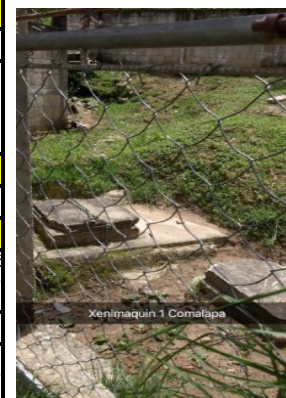


Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
	Información general				Fecha: 24/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Paya				Información adicional
	Categoría: Sector 3				Caudal: --
	Numero de beneficiados 120 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda Sin acceso
			Sin acceso		
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Comentarios: Paya Sistema 2/3					

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha: 24/08/2016
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
Municipio: Comalapa					Telefono: ---
Poblado: Xetonox					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: --
Numero de beneficiados 491 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
Acceso vehicular en camino de terracería, posterior caminata de dos minutos por una vereda					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: No tiene	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00453238		USRN01651805		2183m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de captación en una cueva, a la cual se le construyó un embalse de concreto y se dejó la tubería de captación en el lugar.					
Comentarios: Nacimiento de un río, esta a cargo del comité de agua de la comunidad. No tiene método de desinfección.					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Rio Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha:
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
Municipio: Comalapa					Telefono: ---
Poblado: Xenimaquin					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: --
Numero de beneficiados 375 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana		Rural	
Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
Acceso con vehículo por carretera de terracería, se encuentra enfrente de la iglesia.					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00454545		USRN01633781		2222m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de Captación de concreto.					
Comentarios: Nacimiento de un río, esta a cargo del comité de agua de la comunidad.					




Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
	Información general				Fecha: 25/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Xenimaquin				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: --
	Numero de beneficiados 264 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso	
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Comentarios: No se tuvo Acceso.					

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
	Información general				Fecha: 25/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Everildo Roman
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Panabajal				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: --
	Numero de beneficiados 3575 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso	
Acceso con vehiculo por carretera de terracería, se encuentra en el terreno de una residencia de la aldea					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00452866	USRN01630366		2196m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de Captacion de un pozo, cubierto con una cazeta de lamina que protégé al pozo de la delincuencia.					
Comentarios: A cargo del comite de agua.					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá					
	Información general				Fecha: 26/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico:
	Municipio: Comalapa				Telefono: -
	Poblado: Chirijuyu				Información adicional
	Categoría: Casco Urbano				Caudal: -
	Numero de beneficiaries 32 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda Sin acceso
			SIN ACCESO		
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro:
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Comentarios: Sistema El Perique					

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico						
Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá						
	Información general				Fecha: 26/08/2016	
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero	
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---	
	Poblado: Comalapa				Información adicional	
	Categoría: Aldea				Caudal: --	
	Numero de beneficiados 5000 personas					
	Tipo de población		Urbana	Rural		
	Ruta de acceso		Asfato	Terracería		Vereda Sin acceso
			Acceso con vehículo por carretera de terracería.			
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:		
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E004544365		USRN016333794		2232m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:		
Características de obra civil						
Es una presa de captación con sistema de desinfección por goteo de cloro líquido en el tanque de distribución.						
Comentarios: San Antonio - Sistema a cargo del comité de agua, tiene 45 nacimientos que convergen en la presa de captación.						

Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha: 26/08/2016
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
Municipio: Comalapa					Telefono: ---
Poblado: Comalapa					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: --
Numero de beneficiados 3750 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana	Rural		
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
Ubicado dentro del caso Urbano del municipio					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00459164		USRN01628694		2104m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Pozo mecanico, funciona por bombeo con tubería de PVC, Cazeta de bombeo					
Comentarios: Comalapa 2 - Pozo mecanico que funciona por bombeo hacia el tanque de distribución, protegido con una caja de lamina. Desinfeccion con cloro líquido					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
Información general					Fecha: 26/08/2016
Departamento: Chimaltenango					Técnico: Fontanero
Municipio: Comalapa					Telefono: ---
Poblado: Comalapa					Información adicional
Categoría: Aldea					Caudal: --
Numero de beneficiados 3750 personas					Foto:
Tipo de población		Urbana	Rural		
Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda	Sin acceso
Ubicado dentro del caso Urbano del municipio					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00459146		USRN01629725		2133m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Pozo mecanico, funciona por bombeo con tubería de PVC, Cazeta de bombeo					
Comentarios: Las Victorias - Pozo mecanico que funciona por bombeo hacia el tanque de distribución, protegido con una caja de lamina. Desinfeccion con cloro líquido					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
	Información general				Fecha: 06/09/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Patzicía				Telefono: ---
	Poblado: El Caman				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: ---
	Numero de beneficiados 1125 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso
	Acceso con vehiculo por carretera, dos minutos caminando por una vereda.				
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas en la captacion
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00452015		USRN01623872		2132m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Obra de Captacion de concreto, transportado por bombeo hacia el tanque de distribucion					
Comentarios: Hay dos nacimientos que estan en la base datos, pero que ya no aportan caudal al tanque de distribucion.					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
	Información general				Fecha: 26/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Comalapa				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: --
	Numero de beneficiados 3750 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
	Ruta de acceso		Asfalto	Terracería	Vereda Sin acceso
	Ubicado dentro del caso Urbano del municipio				
	Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante Otro: Gravedad	
Ubicación	Lat. Fuente/Población		Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población
	E00458339		USRN01630508		2107m
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Pozo mecanico, funciona por bombeo con tubería de PVC					
Comentarios: Comalapa 1 - Pozo mecanico que funciona por bombeo hacia el tanque de distribucion, protegido con una caja de lamina. Desinfeccion con cloro liquido					



Estudio de la subcuenca del acueducto Xayá-Pixcayá con enfoque en el aprovechamiento del recurso hídrico					
<i>Caracterización de fuentes de agua del Río Pixcayá monitoreadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en la subcuenca Xayá Pixcayá</i>					
	Información general				Fecha: 26/08/2016
	Departamento: Chimaltenango				Técnico: Fontanero
	Municipio: Comalapa				Telefono: ---
	Poblado: Comalapa				Información adicional
	Categoría: Aldea				Caudal: --
	Numero de beneficiados 3750 personas				Foto:
	Tipo de población		Urbana	Rural	
Ruta de acceso		Asfato	Terracería	Vereda	Sin acceso
Ubicado dentro del caso Urbano del municipio					
Desinfección	Gas	Líquido	Polvo	Tipo: Pastillas de Cloro	
Tipo de fuente	Pozo	Río	Nacimiento	Otro:	
Tipo de bomba	Sumergible	Externa	Centrifuga	Reciprocante	Otro: Gravedad
Ubicación	Lat. Fuente/Población	Long. Fuente/población		Elev. Fuente/Población	
	E00458341	USRN01629178		2128m	
Conducción	PVC	Canal	Metal	Otro:	
Características de obra civil					
Pozo mecanico, funciona por bombeo con tubería de PVC, Cazeta de bombeo					
Comentarios: La Garita - Pozo mecanico que funciona por bombeo hacia el tanque de distribución, protegido con una caja de lamina. Desinfección con cloro líquido					



Fuente: Elaboración propia

B. Pruebas de infiltración en campo

- **Prueba: # 1**
- **Tipo de suelo que representa:** Franco
- **Hora:** 2:00 pm
- **Características del suelo:** arenoso, color café claro.
- **Profundidad de anillo enterrado:** 5 cm

Tabla de datos prueba #1

Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)
0.00		8.00			
1.00	1.00	6.40	1.60	1.6	96
1.25	0.25	6.00	0.40	1.6	96
1.50	0.25	5.40	0.60	2.4	144

Continuación tabla de datos prueba #1					
Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)
2.00	0.50	5.00	0.40	0.8	48
2.50	0.50	4.40	0.60	1.2	72
3.00	0.50	4.00	0.40	0.8	48
3.50	0.50	3.00	1.00	2	120
4.00	0.50	2.00	1.00	2	120
Tasa=				1.55	93
Valor				Alta	5

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba #: 2**
- **Tipo de suelo que representa:** Franca a Franco-Arcillo-Arenosa
- **Hora:** 1:15 pm
- **Características del suelo:** tipo de arcilla con limo y un poco de arena.
- **Profundidad de anillo enterrado:** 3.2 cm

Tabla de datos prueba # 2					
Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)
0.00		8.00			
1.00	1.00	7.60	0.40	0.4	24
2.00	1.00	7.40	0.20	0.2	12
3.00	1.00	7.00	0.40	0.4	24
4.00	1.00	7.00	0.00	0	0
5.00	1.00	6.80	0.20	0.2	12
6.00	1.00	6.60	0.20	0.2	12
7.00	1.00	6.40	0.20	0.2	12
8.00	1.00	6.10	0.30	0.3	18
9.00	1.00	6.00	0.10	0.1	6
10.00	1.00	6.00	0.00	0	0
11.00	1.00	5.80	0.20	0.2	12
12.00	1.00	5.60	0.20	0.2	12
13.00	1.00	5.60	0.00	0	0
Tasa=				0.185	11.077
Valor				Moderado	3

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba #: 3**
- **Tipo de suelo que representa:** Franco-Arcillo-Arenosa
- **Hora:** 12:30 pm
- **Características del suelo:** limo arcilloso.
- **Profundidad de anillo enterrado:** 4.3 cm

Tabla de datos prueba # 3

Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)	
0.00		9.00				
0.50	0.50	8.60	0.40	0.80	48.00	
1.00	0.50	8.00	0.60	1.20	72.00	
1.75	0.75	7.60	0.40	0.53	32.00	
2.50	0.75	7.00	0.60	0.80	48.00	
3.50	1.00	6.40	0.60	0.60	36.00	
5.80	2.30	6.00	0.40	0.17	10.43	
5.00	-0.80	5.60	0.40	-0.50	-30.00	
6.00	1.00	5.00	0.60	0.60	36.00	
7.00	1.00	4.80	0.20	0.20	12.00	
8.00	1.00	4.20	0.60	0.60	36.00	
9.00	1.00	4.00	0.20	0.20	12.00	
10.00	1.00	3.40	0.60	0.60	36.00	
11.00	1.00	3.00	0.40	0.40	24.00	
12.00	1.00	2.80	0.20	0.20	12.00	
				Tasa=	0.46	27.46
				Valor	Muy Alta	5

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba #: 4**
- **Tipo de suelo que representa:** Franco-Arcilloso
- **Hora:** 10:30 am
- **Características del suelo:** tierra arenosa arcillosa.
- **Profundidad de anillo enterrado:** 3.0 cm

Tabla de datos prueba # 4

Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)
0.00		8.00			
0.50	0.50	7.40	0.60	1.20	72.00
0.750	0.25	7.00	0.40	1.60	96.00
1.50	0.75	6.40	0.60	0.80	48.00
1.8333	0.33	6.00	0.40	1.20	72.00
2.50	0.67	5.60	0.40	0.60	36.00
3.00	0.50	5.00	0.60	1.20	72.00
4.00	1.00	4.80	0.20	0.20	12.00
4.50	0.50	4.60	0.20	0.40	24.00
5.50	1.00	4.00	0.60	0.60	36.00
6.50	1.00	3.60	0.40	0.40	24.00
7.50	1.00	3.00	0.60	0.60	36.00
8.50	1.00	2.80	0.20	0.20	12.00
10.00	1.50	2.20	0.60	0.40	24.00
10.40	0.40	2.00	0.20	0.50	30.00
Tasa=				0.71	42.43
Valor				Muy Alta	5

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba #: 5**
- **Tipo de Suelo que representa:** Franco-Arcillo-Arenosa
- **Hora:** 9:34 am
- **Características del suelo:** suelo arcilloso color café claro.
- **Profundidad de anillo enterrado:** 4.0 cm

Tabla de datos prueba # 5

Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)	
0.00		10.00				
1.00	1.00	9.80	0.20	0.20	12.00	
1.500	0.50	9.70	0.10	0.20	12.00	
2.50	1.00	9.60	0.10	0.10	6.00	
3.5000	1.00	9.40	0.20	0.20	12.00	
5.00	1.50	8.90	0.50	0.33	20.00	
7.00	2.00	8.60	0.30	0.15	9.00	
9.00	2.00	8.20	0.40	0.20	12.00	
11.00	2.00	8.00	0.20	0.10	6.00	
13.00	2.00	7.70	0.30	0.15	9.00	
15.00	2.00	7.40	0.30	0.15	9.00	
17.00	2.00	7.10	0.30	0.15	9.00	
20.00	3.00	6.80	0.30	0.10	6.00	
23.00	3.00	6.40	0.40	0.13	8.00	
25.00	2.00	6.20	0.20	0.10	6.00	
27.00	2.00	6.00	0.20	0.10	6.00	
				Tasa=	0.16	9.47
				Valor	Moderado	3

Fuente: Elaboración propia

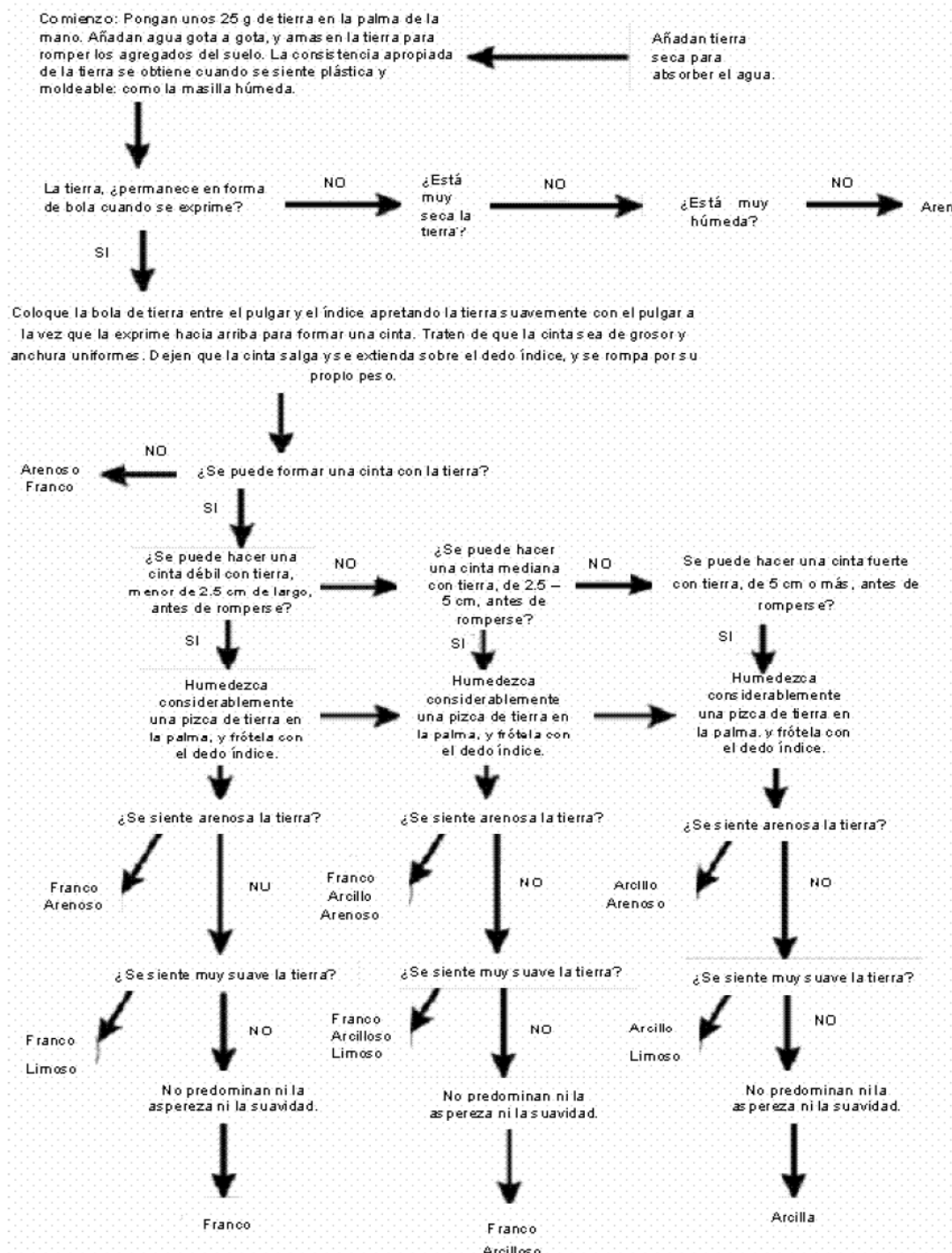
- **Prueba #: 6**
- **Tipo de suelo que representa:** Franco Arenoso
- **Hora:** 10:30 am
- **Características del suelo:**
- **Profundidad de anillo enterrado:** 3.5 cm

Tabla de datos prueba # 6

Tiempo (min)	Δt (min)	Nivel de agua en el anillo	Δh (cm)	Tasa de infiltración $\Delta h/\Delta t$ (cm/min)	(cm/hr)
0.00		15.00			
1.00	1.00	14.00	1.00	1.00	60.00
2.000	1.00	13.70	0.30	0.30	18.00
3.00	1.00	13.40	0.30	0.30	18.00
4.0000	1.00	13.10	0.30	0.30	18.00
5.00	1.00	12.70	0.40	0.40	24.00
6.00	1.00	12.50	0.20	0.20	12.00
7.18	1.18	12.30	0.20	0.17	10.17
8.30	1.12	12.00	0.30	0.27	16.07
9.00	0.70	11.80	0.20	0.29	17.14
10.00	1.00	11.60	0.20	0.20	12.00
11.00	1.00	11.40	0.20	0.20	12.00
13.00	2.00	11.00	0.40	0.20	12.00
16.00	3.00	10.50	0.50	0.17	10.00
19.00	3.00	10.00	0.50	0.17	10.00
21.00	2.00	9.70	0.30	0.15	9.00
22.50	1.50	9.30	0.40	0.27	16.00
24.00	1.50	9.00	0.30	0.20	12.00
26.00	2.00	8.80	0.20	0.10	6.00
28.00	2.00	8.50	0.30	0.15	9.00
30.00	2.00	8.20	0.30	0.15	9.00
			Tasa=	0.29	15.52
			Valor	Moderado	4

Fuente: Elaboración propia

Ilustración123: Guía para clasificación del suelo



Fuente: Leónidas Vásquez M. 2011

C. Determinación de potencial hidroeléctrico

Cuadro 76: Registros históricos de la estación hidrométrica El Tesoro ordenado según el año hidrológico

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
1	4.162	1.732	6.984	4.800	5.110	4.657
2	3.546	1.628	6.000	4.620	3.630	3.970
3	3.387	1.530	4.092	4.250	3.030	3.226
4	3.107	1.505	3.717	4.000	3.010	3.058
5	3.088	1.505	3.440	3.670	2.740	2.839
6	2.948	1.446	3.350	3.560	2.710	2.767
7	2.905	1.446	3.039	3.080	2.580	2.536
8	2.879	1.353	3.007	2.700	2.450	2.378
9	2.832	1.210	2.938	2.600	2.340	2.272
10	2.672	1.210	2.860	2.570	2.270	2.228
11	2.629	1.210	2.717	2.460	2.250	2.159
12	2.594	1.210	2.676	2.350	2.210	2.112
13	2.566	1.210	2.675	2.330	2.110	2.081
14	2.550	1.210	2.657	2.320	2.090	2.069
15	2.532	1.210	2.628	2.280	2.090	2.052
16	2.518	1.210	2.536	2.280	2.000	2.007
17	2.479	1.210	2.514	2.250	1.980	1.989
18	2.455	1.210	2.514	2.240	1.980	1.986
19	2.441	1.210	2.457	2.050	1.940	1.914
20	2.441	1.210	2.435	2.000	1.920	1.891
21	2.440	1.210	2.402	2.000	1.890	1.876
22	2.440	1.210	2.383	1.980	1.840	1.853
23	2.423	1.210	2.381	1.980	1.840	1.853
24	2.386	1.210	2.356	1.950	1.800	1.829
25	2.365	1.210	2.356	1.950	1.780	1.824
26	2.332	1.210	2.356	1.940	1.780	1.822
27	2.332	1.210	2.320	1.910	1.760	1.800
28	2.296	1.205	2.293	1.890	1.760	1.787
29	2.282	1.180	2.280	1.860	1.740	1.765
30	2.278	1.180	2.251	1.850	1.720	1.750
31	2.270	1.156	2.237	1.830	1.720	1.736
32	2.243	1.151	2.228	1.830	1.720	1.732
33	2.242	1.151	2.219	1.810	1.720	1.725
34	2.224	1.121	2.202	1.800	1.680	1.701

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
35	2.224	1.107	2.202	1.760	1.680	1.687
36	2.224	1.092	2.202	1.720	1.650	1.666
37	2.224	1.092	2.128	1.710	1.650	1.645
38	2.224	1.092	2.104	1.690	1.650	1.634
39	2.224	1.092	2.096	1.640	1.650	1.620
40	2.219	1.092	2.083	1.640	1.640	1.614
41	2.209	1.092	2.052	1.570	1.610	1.581
42	2.189	1.092	2.052	1.560	1.610	1.579
43	2.185	1.092	2.052	1.560	1.610	1.579
44	2.185	1.092	2.052	1.550	1.610	1.576
45	2.171	1.092	2.000	1.500	1.580	1.543
46	2.171	1.033	2.000	1.490	1.580	1.526
47	2.159	1.018	1.984	1.490	1.580	1.518
48	2.158	1.013	1.930	1.490	1.580	1.503
49	2.158	1.013	1.905	1.420	1.580	1.480
50	2.139	1.000	1.905	1.420	1.580	1.476
51	2.135	1.000	1.905	1.420	1.540	1.466
52	2.133	0.974	1.897	1.410	1.540	1.455
53	2.129	0.974	1.890	1.360	1.510	1.434
54	2.118	0.974	1.867	1.360	1.510	1.428
55	2.118	0.974	1.857	1.360	1.510	1.425
56	2.118	0.974	1.855	1.320	1.510	1.415
57	2.112	0.974	1.817	1.310	1.480	1.395
58	2.080	0.974	1.812	1.300	1.440	1.382
59	2.065	0.974	1.804	1.290	1.420	1.372
60	2.064	0.974	1.776	1.290	1.420	1.365
61	2.012	0.974	1.764	1.250	1.350	1.335
62	2.012	0.974	1.764	1.230	1.350	1.330
63	2.012	0.974	1.764	1.230	1.340	1.327
64	2.012	0.974	1.762	1.230	1.320	1.322
65	2.002	0.974	1.762	1.200	1.320	1.314
66	2.000	0.974	1.762	1.190	1.300	1.307
67	2.000	0.974	1.757	1.190	1.300	1.305
68	2.000	0.974	1.745	1.190	1.300	1.302
69	1.993	0.974	1.666	1.180	1.260	1.270
70	1.987	0.974	1.662	1.170	1.260	1.267
71	1.970	0.974	1.652	1.170	1.230	1.257

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
72	1.962	0.974	1.641	1.140	1.070	1.206
73	1.958	0.974	1.635	1.130	1.030	1.192
74	1.946	0.974	1.623	1.130	1.030	1.189
75	1.943	0.974	1.623	1.120	1.030	1.187
76	1.941	0.974	1.623	1.110	1.020	1.182
77	1.933	0.974	1.623	1.110	1.020	1.182
78	1.909	0.974	1.623	1.110	1.020	1.182
79	1.908	0.974	1.595	1.110	1.020	1.175
80	1.908	0.974	1.561	1.110	1.020	1.166
81	1.908	0.974	1.540	1.110	1.010	1.159
82	1.908	0.974	1.518	1.110	1.000	1.151
83	1.893	0.974	1.494	1.100	1.000	1.142
84	1.884	0.974	1.488	1.090	1.000	1.138
85	1.806	0.974	1.488	1.050	1.000	1.128
86	1.806	0.974	1.488	1.050	0.990	1.126
87	1.794	0.974	1.488	1.050	0.970	1.121
88	1.762	0.974	1.419	1.050	0.970	1.103
89	1.747	0.974	1.372	1.050	0.970	1.092
90	1.713	0.974	1.372	1.020	0.960	1.082
91	1.705	0.974	1.366	1.020	0.950	1.078
92	1.704	0.974	1.357	1.010	0.950	1.073
93	1.704	0.974	1.357	1.000	0.950	1.070
94	1.704	0.974	1.357	1.000	0.940	1.068
95	1.704	0.974	1.357	1.000	0.930	1.065
96	1.704	0.954	1.357	0.990	0.930	1.058
97	1.704	0.934	1.357	0.990	0.920	1.050
98	1.704	0.919	1.357	0.990	0.920	1.047
99	1.704	0.915	1.357	0.990	0.910	1.043
100	1.704	0.885	1.357	0.990	0.910	1.036
101	1.704	0.875	1.357	0.990	0.910	1.033
102	1.704	0.875	1.357	0.990	0.910	1.033
103	1.694	0.875	1.357	0.990	0.910	1.033
104	1.693	0.870	1.294	0.990	0.910	1.016
105	1.688	0.855	1.239	0.990	0.900	0.996
106	1.671	0.855	1.230	0.990	0.900	0.994
107	1.662	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
108	1.655	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
109	1.654	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
110	1.654	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
111	1.654	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
112	1.648	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
113	1.637	0.855	1.230	0.990	0.890	0.991
114	1.637	0.855	1.230	0.990	0.880	0.989
115	1.625	0.855	1.230	0.990	0.870	0.986
116	1.604	0.855	1.230	0.990	0.870	0.986
117	1.604	0.855	1.230	0.970	0.870	0.981
118	1.604	0.855	1.230	0.950	0.870	0.976
119	1.604	0.855	1.230	0.940	0.870	0.974
120	1.604	0.855	1.230	0.940	0.870	0.974
121	1.604	0.855	1.230	0.940	0.870	0.974
122	1.604	0.855	1.230	0.930	0.860	0.969
123	1.604	0.855	1.230	0.930	0.860	0.969
124	1.604	0.855	1.230	0.930	0.850	0.966
125	1.604	0.855	1.230	0.930	0.850	0.966
126	1.604	0.855	1.216	0.930	0.850	0.963
127	1.604	0.855	1.205	0.900	0.850	0.953
128	1.604	0.855	1.193	0.900	0.850	0.950
129	1.604	0.855	1.140	0.890	0.850	0.934
130	1.604	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
131	1.604	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
132	1.604	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
133	1.604	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
134	1.593	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
135	1.568	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
136	1.567	0.855	1.108	0.880	0.850	0.923
137	1.563	0.855	1.108	0.880	0.840	0.921
138	1.549	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
139	1.547	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
140	1.546	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
141	1.518	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
142	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
143	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
144	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
145	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
146	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
147	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
148	1.506	0.855	1.108	0.880	0.830	0.918
149	1.499	0.855	1.108	0.880	0.820	0.916
150	1.493	0.855	1.108	0.880	0.820	0.916
151	1.466	0.855	1.108	0.880	0.810	0.913
152	1.464	0.855	1.108	0.880	0.810	0.913
153	1.464	0.855	1.107	0.880	0.810	0.913
154	1.435	0.855	1.085	0.840	0.810	0.898
155	1.425	0.855	1.066	0.840	0.810	0.893
156	1.422	0.855	1.028	0.820	0.810	0.878
157	1.408	0.855	1.000	0.820	0.810	0.871
158	1.408	0.855	1.000	0.820	0.800	0.869
159	1.408	0.855	1.000	0.820	0.800	0.869
160	1.408	0.855	0.997	0.820	0.800	0.868
161	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
162	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
163	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
164	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
165	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
166	1.408	0.855	0.990	0.820	0.800	0.866
167	1.408	0.855	0.990	0.810	0.800	0.864
168	1.408	0.855	0.990	0.800	0.800	0.861
169	1.408	0.855	0.990	0.790	0.800	0.859
170	1.408	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
171	1.408	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
172	1.408	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
173	1.408	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
174	1.408	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
175	1.401	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
176	1.395	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
177	1.342	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
178	1.339	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
179	1.337	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
180	1.325	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
181	1.313	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
182	1.313	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
183	1.276	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
184	1.250	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
185	1.242	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
186	1.235	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
187	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
188	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
189	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
190	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
191	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
192	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
193	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
194	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
195	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
196	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
197	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
198	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
199	1.219	0.855	0.990	0.770	0.800	0.854
200	1.219	0.855	0.947	0.770	0.800	0.843
201	1.219	0.855	0.943	0.770	0.800	0.842
202	1.219	0.855	0.933	0.770	0.800	0.840
203	1.219	0.855	0.933	0.770	0.800	0.840
204	1.219	0.855	0.929	0.770	0.800	0.839
205	1.219	0.855	0.891	0.770	0.800	0.829
206	1.219	0.855	0.890	0.770	0.790	0.826
207	1.219	0.855	0.877	0.770	0.790	0.823
208	1.219	0.855	0.877	0.770	0.790	0.823
209	1.219	0.855	0.877	0.770	0.790	0.823
210	1.219	0.855	0.877	0.770	0.790	0.823
211	1.219	0.855	0.877	0.770	0.780	0.821
212	1.219	0.855	0.877	0.770	0.780	0.821
213	1.215	0.855	0.877	0.770	0.780	0.821
214	1.211	0.816	0.877	0.770	0.780	0.811
215	1.208	0.800	0.877	0.770	0.780	0.807
216	1.203	0.796	0.877	0.770	0.780	0.806
217	1.197	0.787	0.877	0.770	0.770	0.801
218	1.190	0.777	0.877	0.770	0.770	0.799
219	1.179	0.777	0.877	0.770	0.770	0.799
220	1.158	0.737	0.877	0.770	0.770	0.789
221	1.151	0.737	0.877	0.770	0.770	0.789

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
222	1.151	0.737	0.877	0.770	0.770	0.789
223	1.148	0.737	0.877	0.770	0.770	0.789
224	1.128	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
225	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
226	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
227	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
228	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
229	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
230	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
231	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
232	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
233	1.126	0.737	0.877	0.770	0.760	0.786
234	1.126	0.737	0.877	0.720	0.760	0.774
235	1.126	0.737	0.877	0.700	0.760	0.769
236	1.126	0.737	0.877	0.670	0.760	0.761
237	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
238	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
239	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
240	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
241	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
242	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
243	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
244	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
245	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
246	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
247	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
248	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
249	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
250	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
251	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
252	1.126	0.737	0.877	0.660	0.760	0.759
253	1.126	0.737	0.877	0.660	0.750	0.756
254	1.126	0.737	0.877	0.660	0.750	0.756
255	1.126	0.737	0.877	0.660	0.750	0.756
256	1.126	0.737	0.877	0.660	0.750	0.756
257	1.126	0.737	0.877	0.660	0.750	0.756
258	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
259	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
260	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
261	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
262	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
263	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
264	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
265	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
266	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
267	1.126	0.737	0.877	0.660	0.740	0.754
268	1.126	0.737	0.877	0.660	0.730	0.751
269	1.126	0.737	0.877	0.660	0.730	0.751
270	1.126	0.737	0.877	0.660	0.730	0.751
271	1.126	0.737	0.877	0.660	0.730	0.751
272	1.126	0.737	0.877	0.660	0.730	0.751
273	1.126	0.737	0.877	0.630	0.730	0.744
274	1.126	0.737	0.877	0.620	0.730	0.741
275	1.126	0.737	0.877	0.620	0.730	0.741
276	1.126	0.737	0.877	0.570	0.730	0.729
277	1.126	0.737	0.877	0.570	0.730	0.729
278	1.126	0.737	0.877	0.570	0.730	0.729
279	1.126	0.737	0.858	0.570	0.730	0.724
280	1.126	0.737	0.854	0.570	0.730	0.723
281	1.126	0.737	0.853	0.570	0.730	0.723
282	1.126	0.737	0.842	0.570	0.730	0.720
283	1.126	0.737	0.822	0.570	0.730	0.715
284	1.126	0.737	0.822	0.570	0.730	0.715
285	1.126	0.737	0.822	0.570	0.730	0.715
286	1.126	0.737	0.801	0.570	0.730	0.710
287	1.126	0.737	0.795	0.570	0.730	0.708
288	1.126	0.737	0.795	0.570	0.730	0.708
289	1.126	0.737	0.786	0.570	0.730	0.706
290	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
291	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
292	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
293	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
294	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
295	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
296	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
297	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
298	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
299	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
300	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
301	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
302	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
303	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
304	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
305	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
306	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
307	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
308	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
309	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
310	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
311	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
312	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
313	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
314	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
315	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
316	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
317	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
318	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
319	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
320	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
321	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
322	1.126	0.737	0.768	0.570	0.730	0.701
323	1.126	0.737	0.759	0.570	0.730	0.699
324	1.126	0.737	0.716	0.570	0.730	0.688
325	1.126	0.737	0.716	0.570	0.730	0.688
326	1.106	0.737	0.716	0.570	0.730	0.688
327	1.099	0.737	0.716	0.570	0.730	0.688
328	1.098	0.737	0.716	0.570	0.730	0.688
329	1.088	0.737	0.712	0.570	0.730	0.687
330	1.085	0.737	0.677	0.570	0.730	0.679
331	1.083	0.737	0.664	0.570	0.730	0.675
332	1.070	0.630	0.664	0.570	0.730	0.649
333	1.057	0.619	0.664	0.570	0.730	0.646
334	1.051	0.619	0.664	0.570	0.720	0.643

Continuación Cuadro 76						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	C.D. Promedio
335	1.044	0.619	0.664	0.570	0.720	0.643
336	1.036	0.619	0.664	0.570	0.720	0.643
337	1.036	0.619	0.664	0.570	0.710	0.641
338	1.036	0.619	0.664	0.570	0.710	0.641
339	1.036	0.619	0.664	0.570	0.710	0.641
340	1.036	0.619	0.664	0.570	0.710	0.641
341	1.036	0.619	0.664	0.570	0.700	0.638
342	1.036	0.619	0.664	0.570	0.700	0.638
343	1.036	0.619	0.664	0.570	0.700	0.638
344	1.036	0.619	0.664	0.570	0.700	0.638
345	1.036	0.619	0.664	0.570	0.700	0.638
346	1.036	0.619	0.664	0.570	0.690	0.636
347	1.036	0.619	0.664	0.530	0.690	0.626
348	1.036	0.619	0.664	0.520	0.690	0.623
349	1.036	0.619	0.664	0.520	0.680	0.621
350	1.036	0.619	0.664	0.520	0.680	0.621
351	1.036	0.619	0.664	0.520	0.680	0.621
352	1.036	0.619	0.664	0.520	0.680	0.621
353	1.036	0.619	0.664	0.470	0.680	0.608
354	1.036	0.619	0.664	0.470	0.680	0.608
355	1.036	0.619	0.664	0.470	0.680	0.608
356	1.036	0.619	0.664	0.470	0.680	0.608
357	1.036	0.619	0.664	0.470	0.660	0.603
358	1.032	0.619	0.664	0.470	0.660	0.603
359	1.015	0.619	0.587	0.470	0.660	0.584
360	0.997	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
361	0.987	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
362	0.981	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
363	0.964	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
364	0.958	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
365	0.948	0.619	0.566	0.470	0.660	0.579
	0.942				0.660	0.660
Promedio	1.507	0.860	1.236	0.977	0.994	1.016

Fuente: INSIVUMEH

Cuadro 77: Registro históricos de la estación hidrométrica La Presa ordenado según el año hidrológico

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
1	2.502	0.792	4.322	1.890	1.750	1.230
2	2.266	0.735	4.310	1.580	1.480	1.220
3	1.851	0.693	3.840	1.190	1.410	1.150
4	1.817	0.688	3.770	1.020	1.380	1.130
5	1.793	0.686	3.761	1.020	1.200	1.100
6	1.771	0.682	3.740	0.930	0.950	1.080
7	1.767	0.572	3.170	0.900	0.950	1.060
8	1.657	0.570	3.143	0.900	0.850	1.050
9	1.625	0.566	2.577	0.880	0.800	1.040
10	1.617	0.550	2.390	0.850	0.740	1.010
11	1.601	0.550	2.293	0.810	0.670	0.964
12	1.595	0.546	2.165	0.760	0.670	0.925
13	1.560	0.535	2.138	0.760	0.660	0.913
14	1.525	0.535	2.092	0.760	0.620	0.901
15	1.501	0.528	2.060	0.750	0.600	0.885
16	1.457	0.517	2.001	0.740	0.550	0.873
17	1.446	0.509	1.880	0.710	0.550	0.864
18	1.412	0.506	1.840	0.680	0.540	0.858
19	1.379	0.504	1.826	0.663	0.510	0.855
20	1.374	0.500	1.678	0.660	0.490	0.854
21	1.348	0.495	1.656	0.630	0.470	0.853
22	1.347	0.493	1.565	0.630	0.450	0.830
23	1.346	0.493	1.529	0.620	0.390	0.825
24	1.331	0.491	1.520	0.590	0.390	0.817
25	1.301	0.491	1.507	0.570	0.370	0.816
26	1.294	0.487	1.483	0.510	0.360	0.796
27	1.293	0.487	1.471	0.490	0.350	0.784
28	1.289	0.484	1.465	0.490	0.340	0.780
29	1.283	0.476	1.450	0.490	0.310	0.763
30	1.281	0.473	1.448	0.470	0.310	0.762
31	1.280	0.469	1.430	0.460	0.300	0.753
32	1.275	0.467	1.425	0.450	0.270	0.744
33	1.267	0.467	1.402	0.420	0.270	0.736
34	1.246	0.463	1.399	0.410	0.250	0.732
35	1.219	0.463	1.398	0.410	0.250	0.727
36	1.219	0.460	1.382	0.400	0.250	0.722
37	1.214	0.458	1.366	0.400	0.250	0.711
38	1.211	0.456	1.344	0.400	0.240	0.708

Continuación cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
39	1.164	0.445	1.327	0.390	0.240	0.708
40	1.162	0.445	1.316	0.390	0.240	0.680
41	1.147	0.445	1.316	0.360	0.240	0.657
42	1.146	0.443	1.312	0.360	0.220	0.648
43	1.144	0.443	1.288	0.360	0.220	0.637
44	1.143	0.441	1.283	0.360	0.210	0.634
45	1.142	0.441	1.279	0.360	0.200	0.631
46	1.142	0.441	1.265	0.360	0.200	0.620
47	1.139	0.441	1.262	0.350	0.200	0.620
48	1.137	0.441	1.254	0.340	0.200	0.619
49	1.132	0.436	1.250	0.330	0.200	0.609
50	1.125	0.436	1.247	0.330	0.200	0.607
51	1.106	0.436	1.243	0.320	0.200	0.602
52	1.085	0.436	1.242	0.310	0.200	0.595
53	1.071	0.434	1.236	0.310	0.190	0.576
54	1.054	0.434	1.232	0.300	0.190	0.571
55	1.054	0.430	1.230	0.290	0.180	0.564
56	1.037	0.430	1.230	0.290	0.170	0.546
57	1.034	0.430	1.225	0.290	0.170	0.545
58	1.015	0.430	1.216	0.290	0.170	0.541
59	1.012	0.427	1.215	0.280	0.170	0.540
60	1.010	0.427	1.208	0.280	0.170	0.525
61	1.010	0.427	1.208	0.250	0.170	0.516
62	0.994	0.425	1.204	0.240	0.170	0.511
63	0.991	0.421	1.195	0.240	0.170	0.502
64	0.975	0.421	1.180	0.240	0.160	0.496
65	0.973	0.421	1.169	0.240	0.160	0.495
66	0.971	0.421	1.166	0.240	0.160	0.494
67	0.967	0.419	1.166	0.230	0.160	0.486
68	0.965	0.416	1.162	0.230	0.160	0.483
69	0.962	0.416	1.161	0.220	0.150	0.482
70	0.961	0.414	1.160	0.220	0.150	0.482
71	0.957	0.412	1.138	0.220	0.150	0.482
72	0.936	0.412	1.129	0.220	0.150	0.482
73	0.935	0.412	1.124	0.217	0.140	0.482
74	0.930	0.412	1.123	0.210	0.140	0.482
75	0.910	0.410	1.105	0.210	0.140	0.476
76	0.909	0.410	1.103	0.210	0.140	0.468

Continuación cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
77	0.895	0.410	1.099	0.210	0.140	0.468
78	0.890	0.405	1.088	0.210	0.140	0.460
79	0.887	0.403	1.088	0.200	0.140	0.456
80	0.886	0.401	1.062	0.200	0.140	0.455
81	0.862	0.401	1.047	0.200	0.140	0.455
82	0.848	0.399	1.047	0.190	0.130	0.455
83	0.845	0.399	1.032	0.190	0.130	0.453
84	0.841	0.399	1.031	0.190	0.130	0.450
85	0.840	0.399	1.020	0.180	0.130	0.447
86	0.832	0.399	1.019	0.180	0.130	0.446
87	0.828	0.397	1.008	0.180	0.130	0.446
88	0.825	0.397	0.998	0.180	0.130	0.445
89	0.825	0.395	0.995	0.180	0.130	0.442
90	0.818	0.395	0.971	0.180	0.130	0.442
91	0.816	0.395	0.949	0.170	0.120	0.441
92	0.807	0.395	0.931	0.170	0.120	0.439
93	0.806	0.392	0.929	0.160	0.120	0.439
94	0.781	0.392	0.920	0.160	0.120	0.438
95	0.776	0.390	0.918	0.160	0.120	0.434
96	0.769	0.388	0.902	0.160	0.120	0.431
97	0.769	0.388	0.893	0.160	0.120	0.430
98	0.766	0.386	0.888	0.150	0.120	0.429
99	0.763	0.386	0.878	0.150	0.120	0.429
100	0.761	0.386	0.876	0.150	0.120	0.429
101	0.760	0.386	0.872	0.150	0.120	0.429
102	0.758	0.386	0.870	0.140	0.110	0.429
103	0.753	0.384	0.868	0.140	0.110	0.429
104	0.748	0.381	0.866	0.140	0.110	0.424
105	0.745	0.381	0.830	0.140	0.110	0.417
106	0.744	0.381	0.827	0.140	0.110	0.417
107	0.742	0.381	0.823	0.140	0.110	0.417
108	0.731	0.381	0.819	0.140	0.110	0.417
109	0.724	0.379	0.794	0.140	0.100	0.416
110	0.723	0.379	0.789	0.140	0.100	0.410
111	0.722	0.379	0.788	0.140	0.100	0.410
112	0.722	0.377	0.783	0.130	0.100	0.410
113	0.720	0.377	0.772	0.130	0.100	0.408
114	0.718	0.377	0.770	0.130	0.100	0.405

Continuación cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
115	0.717	0.377	0.766	0.130	0.100	0.404
116	0.714	0.375	0.764	0.130	0.100	0.404
117	0.713	0.375	0.762	0.130	0.100	0.404
118	0.713	0.373	0.756	0.130	0.100	0.397
119	0.712	0.373	0.756	0.130	0.100	0.397
120	0.712	0.373	0.756	0.130	0.100	0.397
121	0.709	0.373	0.756	0.130	0.090	0.397
122	0.702	0.370	0.756	0.120	0.090	0.394
123	0.700	0.370	0.747	0.120	0.090	0.394
124	0.696	0.370	0.742	0.120	0.090	0.392
125	0.696	0.370	0.741	0.120	0.090	0.392
126	0.695	0.370	0.734	0.110	0.090	0.391
127	0.692	0.370	0.730	0.110	0.090	0.390
128	0.688	0.370	0.725	0.110	0.090	0.388
129	0.686	0.370	0.714	0.110	0.090	0.386
130	0.682	0.370	0.706	0.110	0.080	0.384
131	0.678	0.368	0.694	0.110	0.080	0.380
132	0.677	0.368	0.694	0.110	0.080	0.380
133	0.676	0.368	0.694	0.110	0.080	0.375
134	0.675	0.368	0.694	0.110	0.080	0.375
135	0.674	0.366	0.694	0.110	0.080	0.370
136	0.674	0.366	0.693	0.100	0.080	0.369
137	0.674	0.366	0.679	0.100	0.080	0.369
138	0.669	0.364	0.673	0.100	0.080	0.368
139	0.669	0.364	0.667	0.100	0.080	0.366
140	0.665	0.364	0.664	0.100	0.080	0.366
141	0.665	0.362	0.653	0.100	0.080	0.364
142	0.661	0.362	0.651	0.100	0.080	0.361
143	0.658	0.362	0.651	0.100	0.080	0.361
144	0.658	0.362	0.645	0.100	0.080	0.360
145	0.658	0.359	0.642	0.100	0.080	0.357
146	0.650	0.359	0.639	0.100	0.080	0.356
147	0.650	0.359	0.635	0.100	0.070	0.356
148	0.648	0.357	0.634	0.100	0.070	0.354
149	0.645	0.357	0.634	0.100	0.070	0.350
150	0.645	0.357	0.634	0.094	0.070	0.345
151	0.643	0.357	0.634	0.090	0.070	0.345
152	0.642	0.355	0.634	0.090	0.070	0.345

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
153	0.641	0.355	0.632	0.090	0.070	0.344
154	0.641	0.355	0.623	0.090	0.070	0.342
155	0.640	0.355	0.621	0.090	0.070	0.342
156	0.640	0.353	0.618	0.090	0.070	0.341
157	0.635	0.353	0.617	0.090	0.070	0.341
158	0.633	0.353	0.605	0.090	0.070	0.340
159	0.633	0.353	0.605	0.090	0.070	0.340
160	0.628	0.351	0.604	0.090	0.070	0.337
161	0.626	0.351	0.591	0.090	0.070	0.337
162	0.625	0.351	0.589	0.090	0.070	0.336
163	0.625	0.351	0.589	0.090	0.070	0.335
164	0.624	0.351	0.586	0.090	0.070	0.332
165	0.624	0.351	0.583	0.090	0.070	0.327
166	0.617	0.351	0.580	0.090	0.070	0.326
167	0.615	0.351	0.580	0.090	0.070	0.326
168	0.614	0.351	0.575	0.087	0.070	0.326
169	0.613	0.351	0.574	0.085	0.070	0.326
170	0.613	0.348	0.570	0.082	0.070	0.326
171	0.609	0.348	0.570	0.080	0.070	0.325
172	0.608	0.346	0.569	0.080	0.070	0.325
173	0.608	0.346	0.556	0.080	0.070	0.324
174	0.596	0.346	0.552	0.080	0.070	0.324
175	0.596	0.346	0.549	0.080	0.060	0.324
176	0.593	0.344	0.540	0.080	0.060	0.324
177	0.592	0.342	0.540	0.080	0.060	0.323
178	0.592	0.342	0.534	0.080	0.060	0.323
179	0.591	0.342	0.534	0.080	0.060	0.321
180	0.586	0.342	0.533	0.080	0.060	0.321
181	0.585	0.342	0.532	0.080	0.060	0.320
182	0.585	0.342	0.531	0.080	0.060	0.315
183	0.580	0.340	0.523	0.080	0.060	0.315
184	0.578	0.340	0.523	0.080	0.060	0.314
185	0.572	0.340	0.515	0.080	0.060	0.314
186	0.567	0.340	0.500	0.080	0.060	0.314
187	0.566	0.340	0.499	0.080	0.060	0.314
188	0.566	0.337	0.493	0.080	0.060	0.313
189	0.565	0.337	0.486	0.080	0.060	0.312
190	0.564	0.337	0.485	0.080	0.060	0.312

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
191	0.563	0.337	0.483	0.076	0.060	0.311
192	0.560	0.337	0.482	0.072	0.060	0.311
193	0.556	0.335	0.479	0.070	0.060	0.310
194	0.550	0.335	0.477	0.070	0.060	0.308
195	0.549	0.335	0.476	0.070	0.060	0.307
196	0.548	0.335	0.472	0.070	0.060	0.307
197	0.548	0.333	0.470	0.070	0.060	0.304
198	0.546	0.333	0.467	0.070	0.060	0.304
199	0.546	0.333	0.466	0.070	0.060	0.304
200	0.543	0.331	0.466	0.070	0.060	0.303
201	0.543	0.331	0.463	0.070	0.060	0.302
202	0.540	0.329	0.462	0.070	0.060	0.302
203	0.540	0.329	0.460	0.070	0.060	0.300
204	0.540	0.329	0.459	0.070	0.060	0.300
205	0.538	0.329	0.459	0.070	0.060	0.300
206	0.538	0.329	0.454	0.070	0.050	0.300
207	0.530	0.329	0.454	0.070	0.050	0.299
208	0.530	0.327	0.453	0.070	0.050	0.297
209	0.530	0.327	0.453	0.070	0.050	0.297
210	0.529	0.327	0.450	0.070	0.050	0.297
211	0.527	0.324	0.449	0.063	0.050	0.294
212	0.526	0.324	0.449	0.062	0.050	0.294
213	0.526	0.324	0.449	0.062	0.050	0.294
214	0.523	0.324	0.449	0.060	0.050	0.294
215	0.519	0.322	0.440	0.060	0.050	0.293
216	0.517	0.322	0.439	0.060	0.050	0.289
217	0.516	0.322	0.439	0.060	0.050	0.288
218	0.515	0.320	0.439	0.060	0.050	0.287
219	0.513	0.320	0.435	0.060	0.050	0.287
220	0.510	0.320	0.432	0.060	0.050	0.285
221	0.505	0.318	0.428	0.060	0.050	0.284
222	0.502	0.318	0.423	0.060	0.050	0.284
223	0.499	0.318	0.422	0.060	0.050	0.281
224	0.497	0.318	0.420	0.060	0.050	0.279
225	0.495	0.318	0.417	0.060	0.050	0.278
226	0.493	0.316	0.416	0.060	0.050	0.278
227	0.493	0.316	0.415	0.051	0.050	0.278
228	0.492	0.316	0.413	0.050	0.050	0.277

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
229	0.479	0.313	0.412	0.050	0.050	0.277
230	0.477	0.313	0.412	0.050	0.050	0.276
231	0.474	0.313	0.411	0.050	0.050	0.276
232	0.473	0.313	0.411	0.050	0.050	0.276
233	0.466	0.311	0.410	0.050	0.050	0.276
234	0.454	0.311	0.409	0.050	0.050	0.276
235	0.454	0.311	0.406	0.050	0.050	0.275
236	0.449	0.309	0.404	0.050	0.050	0.275
237	0.448	0.307	0.403	0.050	0.050	0.275
238	0.445	0.307	0.402	0.050	0.040	0.275
239	0.442	0.307	0.399	0.050	0.040	0.275
240	0.431	0.305	0.393	0.050	0.040	0.274
241	0.430	0.305	0.392	0.050	0.040	0.272
242	0.427	0.302	0.384	0.050	0.040	0.270
243	0.426	0.302	0.384	0.049	0.040	0.270
244	0.425	0.302	0.381	0.047	0.040	0.269
245	0.424	0.298	0.381	0.046	0.040	0.269
246	0.421	0.298	0.380	0.045	0.040	0.269
247	0.421	0.298	0.378	0.045	0.040	0.267
248	0.418	0.294	0.376	0.044	0.040	0.265
249	0.412	0.291	0.374	0.044	0.040	0.263
250	0.411	0.291	0.374	0.043	0.040	0.263
251	0.409	0.291	0.371	0.043	0.040	0.260
252	0.409	0.289	0.365	0.040	0.040	0.259
253	0.404	0.289	0.361	0.040	0.040	0.259
254	0.400	0.287	0.359	0.040	0.040	0.259
255	0.398	0.287	0.358	0.040	0.040	0.258
256	0.396	0.287	0.356	0.040	0.040	0.257
257	0.396	0.287	0.356	0.040	0.040	0.257
258	0.395	0.285	0.354	0.040	0.040	0.257
259	0.393	0.285	0.354	0.040	0.040	0.257
260	0.391	0.285	0.352	0.040	0.040	0.257
261	0.391	0.283	0.352	0.040	0.040	0.256
262	0.390	0.283	0.350	0.040	0.040	0.255
263	0.389	0.283	0.350	0.040	0.040	0.254
264	0.387	0.280	0.350	0.040	0.040	0.254
265	0.386	0.280	0.346	0.040	0.040	0.251
266	0.383	0.280	0.346	0.040	0.030	0.249

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
267	0.379	0.278	0.346	0.040	0.030	0.249
268	0.379	0.278	0.344	0.040	0.030	0.249
269	0.379	0.278	0.343	0.040	0.030	0.248
270	0.378	0.276	0.343	0.040	0.030	0.244
271	0.378	0.276	0.342	0.040	0.030	0.242
272	0.377	0.276	0.339	0.040	0.030	0.241
273	0.376	0.276	0.338	0.040	0.030	0.241
274	0.373	0.274	0.337	0.036	0.030	0.241
275	0.372	0.274	0.335	0.036	0.030	0.240
276	0.370	0.272	0.334	0.035	0.030	0.239
277	0.368	0.272	0.333	0.035	0.030	0.239
278	0.366	0.272	0.332	0.034	0.030	0.238
279	0.366	0.272	0.332	0.034	0.030	0.237
280	0.365	0.272	0.330	0.034	0.030	0.237
281	0.365	0.272	0.329	0.033	0.030	0.236
282	0.363	0.269	0.329	0.033	0.030	0.234
283	0.363	0.269	0.326	0.031	0.030	0.234
284	0.361	0.269	0.326	0.031	0.030	0.233
285	0.359	0.267	0.325	0.030	0.030	0.232
286	0.359	0.267	0.323	0.030	0.030	0.229
287	0.359	0.265	0.323	0.030	0.030	0.227
288	0.359	0.265	0.323	0.030	0.030	0.227
289	0.358	0.265	0.323	0.030	0.030	0.224
290	0.357	0.265	0.322	0.030	0.030	0.221
291	0.356	0.263	0.321	0.030	0.030	0.221
292	0.356	0.263	0.320	0.030	0.030	0.213
293	0.354	0.263	0.318	0.030	0.030	0.212
294	0.352	0.259	0.317	0.030	0.030	0.209
295	0.351	0.256	0.317	0.030	0.030	0.209
296	0.348	0.254	0.316	0.030	0.030	0.206
297	0.348	0.252	0.316	0.030	0.030	0.204
298	0.348	0.250	0.314	0.030	0.030	0.203
299	0.346	0.250	0.308	0.030	0.030	0.202
300	0.345	0.250	0.303	0.030	0.030	0.201
301	0.345	0.248	0.303	0.030	0.020	0.200
302	0.344	0.248	0.303	0.029	0.020	0.200
303	0.342	0.248	0.299	0.027	0.020	0.200
304	0.339	0.245	0.298	0.026	0.020	0.200

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
305	0.339	0.245	0.298	0.026	0.020	0.200
306	0.337	0.245	0.295	0.025	0.020	0.199
307	0.336	0.241	0.294	0.024	0.020	0.199
308	0.336	0.237	0.293	0.024	0.020	0.199
309	0.336	0.237	0.292	0.023	0.020	0.197
310	0.332	0.237	0.289	0.023	0.020	0.197
311	0.332	0.237	0.288	0.022	0.020	0.195
312	0.331	0.234	0.288	0.022	0.020	0.194
313	0.331	0.234	0.281	0.022	0.020	0.192
314	0.331	0.230	0.279	0.021	0.020	0.192
315	0.331	0.228	0.279	0.021	0.020	0.189
316	0.331	0.228	0.273	0.021	0.020	0.185
317	0.331	0.228	0.273	0.021	0.020	0.185
318	0.328	0.228	0.269	0.020	0.020	0.185
319	0.328	0.228	0.268	0.020	0.020	0.180
320	0.326	0.226	0.263	0.020	0.020	0.179
321	0.326	0.226	0.262	0.020	0.020	0.178
322	0.325	0.223	0.262	0.020	0.020	0.178
323	0.324	0.221	0.262	0.020	0.020	0.178
324	0.323	0.217	0.260	0.020	0.020	0.178
325	0.323	0.215	0.259	0.020	0.020	0.178
326	0.321	0.215	0.258	0.020	0.020	0.174
327	0.321	0.215	0.257	0.020	0.020	0.173
328	0.320	0.215	0.256	0.020	0.020	0.172
329	0.314	0.212	0.256	0.020	0.020	0.172
330	0.314	0.212	0.254	0.020	0.020	0.172
331	0.314	0.210	0.254	0.020	0.020	0.172
332	0.313	0.210	0.248	0.020	0.020	0.171
333	0.309	0.206	0.247	0.020	0.020	0.171
334	0.306	0.206	0.247	0.020	0.020	0.171
335	0.306	0.206	0.246	0.020	0.020	0.168
336	0.301	0.206	0.246	0.020	0.020	0.166
337	0.297	0.204	0.243	0.020	0.020	0.165
338	0.296	0.201	0.243	0.020	0.020	0.165
339	0.296	0.199	0.242	0.020	0.020	0.165
340	0.295	0.199	0.242	0.020	0.020	0.165
341	0.293	0.197	0.241	0.020	0.020	0.164
342	0.292	0.193	0.241	0.020	0.020	0.164

Continuación Cuadro 77						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
343	0.292	0.193	0.241	0.020	0.020	0.161
344	0.290	0.193	0.236	0.020	0.020	0.160
345	0.290	0.193	0.235	0.020	0.020	0.158
346	0.290	0.188	0.228	0.020	0.020	0.155
347	0.290	0.184	0.228	0.020	0.020	0.153
348	0.284	0.184	0.226	0.020	0.010	0.153
349	0.282	0.182	0.224	0.020	0.010	0.152
350	0.280	0.182	0.220	0.020	0.010	0.152
351	0.280	0.180	0.219	0.020	0.010	0.152
352	0.278	0.178	0.213	0.020	0.010	0.150
353	0.278	0.173	0.211	0.018	0.010	0.149
354	0.278	0.171	0.209	0.018	0.010	0.146
355	0.276	0.171	0.206	0.017	0.010	0.146
356	0.275	0.169	0.204	0.017	0.010	0.144
357	0.264	0.166	0.203	0.017	0.010	0.135
358	0.259	0.162	0.196	0.016	0.010	0.134
359	0.258	0.160	0.195	0.014	0.010	0.133
360	0.256	0.155	0.184	0.012	0.010	0.130
361	0.246	0.153	0.179	0.012	0.010	0.130
362	0.244	0.147	0.174	0.011	0.010	0.120
363	0.236	0.131	0.171	0.011	0.010	0.118
364	0.231	0.105	0.163	0.010	0.010	0.113
365	0.222	0.101	0.158	0.010	0.010	0.104
Promedio	0.665	0.341	0.736	0.160	0.126	0.378

Fuente: INSIVUMEH

Cuadro 78: Caudales unitarios históricos de la estación El Tesoro

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
1	3.765	2.323	5.870	11.822	13.900	3.253
2	3.410	2.156	5.854	9.883	11.755	3.226
3	2.785	2.033	5.215	7.444	11.199	3.041
4	2.734	2.018	5.120	6.380	10.961	2.988
5	2.698	2.012	5.108	6.380	9.531	2.909
6	2.665	2.001	5.079	5.817	7.546	2.856
7	2.659	1.678	4.305	5.630	7.546	2.803
8	2.493	1.672	4.269	5.630	6.751	2.777
9	2.445	1.660	3.500	5.505	6.354	2.750
10	2.433	1.613	3.246	5.317	5.878	2.671

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
11	2.409	1.613	3.114	5.067	5.322	2.549
12	2.400	1.602	2.940	4.754	5.322	2.446
13	2.348	1.569	2.904	4.754	5.242	2.414
14	2.295	1.569	2.841	4.754	4.924	2.383
15	2.259	1.549	2.798	4.691	4.766	2.340
16	2.193	1.517	2.718	4.629	4.368	2.309
17	2.176	1.493	2.553	4.441	4.368	2.285
18	2.125	1.484	2.499	4.253	4.289	2.269
19	2.075	1.478	2.480	4.147	4.051	2.261
20	2.068	1.467	2.279	4.128	3.892	2.258
21	2.029	1.452	2.249	3.941	3.733	2.256
22	2.027	1.446	2.125	3.941	3.574	2.195
23	2.025	1.446	2.077	3.878	3.098	2.182
24	2.003	1.440	2.064	3.691	3.098	2.161
25	1.958	1.440	2.047	3.565	2.939	2.158
26	1.947	1.429	2.014	3.190	2.859	2.105
27	1.946	1.429	1.998	3.065	2.780	2.073
28	1.940	1.420	1.990	3.065	2.701	2.063
29	1.931	1.396	1.969	3.065	2.462	2.018
30	1.928	1.387	1.967	2.940	2.462	2.015
31	1.926	1.376	1.942	2.877	2.383	1.991
32	1.919	1.370	1.935	2.815	2.145	1.968
33	1.907	1.370	1.904	2.627	2.145	1.946
34	1.875	1.358	1.900	2.565	1.986	1.936
35	1.834	1.358	1.899	2.565	1.986	1.923
36	1.834	1.349	1.877	2.502	1.986	1.909
37	1.827	1.343	1.855	2.502	1.986	1.880
38	1.822	1.338	1.826	2.502	1.906	1.872
39	1.752	1.305	1.802	2.440	1.906	1.872
40	1.749	1.305	1.787	2.440	1.906	1.798
41	1.726	1.305	1.787	2.252	1.906	1.737
42	1.725	1.299	1.782	2.252	1.747	1.714
43	1.722	1.299	1.749	2.252	1.747	1.685
44	1.720	1.294	1.742	2.252	1.668	1.677
45	1.719	1.294	1.737	2.252	1.589	1.669
46	1.719	1.294	1.718	2.252	1.589	1.640
47	1.714	1.294	1.714	2.189	1.589	1.640
48	1.711	1.294	1.703	2.127	1.589	1.637

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
49	1.703	1.279	1.698	2.064	1.589	1.611
50	1.693	1.279	1.694	2.064	1.589	1.605
51	1.664	1.279	1.688	2.002	1.589	1.592
52	1.633	1.279	1.687	1.939	1.589	1.573
53	1.612	1.273	1.679	1.939	1.509	1.523
54	1.586	1.273	1.673	1.877	1.509	1.510
55	1.586	1.261	1.671	1.814	1.430	1.492
56	1.561	1.261	1.671	1.814	1.350	1.444
57	1.556	1.261	1.664	1.814	1.350	1.441
58	1.527	1.261	1.651	1.814	1.350	1.431
59	1.523	1.253	1.650	1.751	1.350	1.428
60	1.520	1.253	1.641	1.751	1.350	1.388
61	1.520	1.253	1.641	1.564	1.350	1.365
62	1.496	1.247	1.635	1.501	1.350	1.351
63	1.491	1.235	1.623	1.501	1.350	1.328
64	1.467	1.235	1.603	1.501	1.271	1.312
65	1.465	1.235	1.588	1.501	1.271	1.309
66	1.461	1.235	1.584	1.501	1.271	1.306
67	1.455	1.229	1.584	1.439	1.271	1.285
68	1.452	1.220	1.578	1.439	1.271	1.277
69	1.448	1.220	1.577	1.376	1.191	1.275
70	1.446	1.214	1.575	1.376	1.191	1.275
71	1.440	1.209	1.546	1.376	1.191	1.275
72	1.409	1.209	1.533	1.376	1.191	1.275
73	1.407	1.209	1.527	1.357	1.112	1.275
74	1.400	1.209	1.525	1.314	1.112	1.275
75	1.369	1.203	1.501	1.314	1.112	1.259
76	1.368	1.203	1.498	1.314	1.112	1.238
77	1.347	1.203	1.493	1.314	1.112	1.238
78	1.339	1.188	1.478	1.314	1.112	1.216
79	1.334	1.182	1.478	1.251	1.112	1.206
80	1.334	1.176	1.442	1.251	1.112	1.203
81	1.297	1.176	1.422	1.251	1.112	1.203
82	1.276	1.170	1.422	1.188	1.033	1.203
83	1.272	1.170	1.402	1.188	1.033	1.198
84	1.266	1.170	1.400	1.188	1.033	1.190
85	1.264	1.170	1.385	1.126	1.033	1.182
86	1.252	1.170	1.384	1.126	1.033	1.179

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
87	1.246	1.165	1.369	1.126	1.033	1.179
88	1.241	1.165	1.355	1.126	1.033	1.177
89	1.241	1.159	1.351	1.126	1.033	1.169
90	1.231	1.159	1.319	1.126	1.033	1.169
91	1.228	1.159	1.289	1.063	0.953	1.166
92	1.214	1.159	1.264	1.063	0.953	1.161
93	1.213	1.150	1.262	1.001	0.953	1.161
94	1.175	1.150	1.249	1.001	0.953	1.158
95	1.168	1.144	1.247	1.001	0.953	1.148
96	1.157	1.138	1.225	1.001	0.953	1.140
97	1.157	1.138	1.213	1.001	0.953	1.137
98	1.153	1.132	1.206	0.938	0.953	1.134
99	1.148	1.132	1.192	0.938	0.953	1.134
100	1.145	1.132	1.190	0.938	0.953	1.134
101	1.143	1.132	1.184	0.938	0.953	1.134
102	1.140	1.132	1.182	0.876	0.874	1.134
103	1.134	1.126	1.179	0.876	0.874	1.134
104	1.125	1.118	1.176	0.876	0.874	1.121
105	1.121	1.118	1.127	0.876	0.874	1.103
106	1.120	1.118	1.123	0.876	0.874	1.103
107	1.117	1.118	1.118	0.876	0.874	1.103
108	1.101	1.118	1.112	0.876	0.874	1.103
109	1.089	1.112	1.078	0.876	0.794	1.100
110	1.089	1.112	1.072	0.876	0.794	1.084
111	1.087	1.112	1.070	0.876	0.794	1.084
112	1.086	1.106	1.063	0.813	0.794	1.084
113	1.083	1.106	1.048	0.813	0.794	1.079
114	1.080	1.106	1.046	0.813	0.794	1.071
115	1.078	1.106	1.040	0.813	0.794	1.068
116	1.075	1.100	1.038	0.813	0.794	1.068
117	1.073	1.100	1.035	0.813	0.794	1.068
118	1.073	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
119	1.072	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
120	1.071	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
121	1.067	1.094	1.027	0.813	0.715	1.050
122	1.057	1.085	1.027	0.751	0.715	1.042
123	1.054	1.085	1.015	0.751	0.715	1.042
124	1.047	1.085	1.008	0.751	0.715	1.037

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
125	1.047	1.085	1.006	0.751	0.715	1.037
126	1.046	1.085	0.997	0.688	0.715	1.034
127	1.041	1.085	0.991	0.688	0.715	1.031
128	1.035	1.085	0.985	0.688	0.715	1.026
129	1.032	1.085	0.970	0.688	0.715	1.021
130	1.026	1.085	0.959	0.688	0.635	1.015
131	1.020	1.079	0.943	0.688	0.635	1.005
132	1.019	1.079	0.943	0.688	0.635	1.005
133	1.017	1.079	0.943	0.688	0.635	0.992
134	1.016	1.079	0.943	0.688	0.635	0.992
135	1.015	1.074	0.943	0.688	0.635	0.978
136	1.014	1.074	0.941	0.626	0.635	0.976
137	1.014	1.074	0.922	0.626	0.635	0.976
138	1.007	1.068	0.914	0.626	0.635	0.973
139	1.007	1.068	0.906	0.626	0.635	0.968
140	1.001	1.068	0.902	0.626	0.635	0.968
141	1.000	1.062	0.887	0.626	0.635	0.963
142	0.995	1.062	0.884	0.626	0.635	0.955
143	0.991	1.062	0.884	0.626	0.635	0.955
144	0.990	1.062	0.876	0.626	0.635	0.952
145	0.990	1.053	0.872	0.626	0.635	0.944
146	0.978	1.053	0.868	0.626	0.635	0.941
147	0.978	1.053	0.862	0.626	0.556	0.941
148	0.975	1.047	0.861	0.626	0.556	0.936
149	0.971	1.047	0.861	0.626	0.556	0.926
150	0.971	1.047	0.861	0.588	0.556	0.912
151	0.968	1.047	0.861	0.563	0.556	0.912
152	0.966	1.041	0.861	0.563	0.556	0.912
153	0.965	1.041	0.858	0.563	0.556	0.910
154	0.964	1.041	0.846	0.563	0.556	0.904
155	0.963	1.041	0.843	0.563	0.556	0.904
156	0.963	1.035	0.839	0.563	0.556	0.902
157	0.956	1.035	0.838	0.563	0.556	0.902
158	0.953	1.035	0.822	0.563	0.556	0.899
159	0.953	1.035	0.822	0.563	0.556	0.899
160	0.945	1.030	0.820	0.563	0.556	0.891
161	0.942	1.030	0.803	0.563	0.556	0.891
162	0.941	1.030	0.800	0.563	0.556	0.889

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
163	0.941	1.030	0.800	0.563	0.556	0.886
164	0.939	1.030	0.796	0.563	0.556	0.878
165	0.938	1.030	0.792	0.563	0.556	0.865
166	0.928	1.030	0.788	0.563	0.556	0.862
167	0.925	1.030	0.788	0.563	0.556	0.862
168	0.923	1.030	0.781	0.544	0.556	0.862
169	0.922	1.030	0.780	0.532	0.556	0.862
170	0.922	1.021	0.774	0.513	0.556	0.862
171	0.916	1.021	0.774	0.500	0.556	0.859
172	0.915	1.015	0.773	0.500	0.556	0.859
173	0.914	1.015	0.755	0.500	0.556	0.857
174	0.897	1.015	0.750	0.500	0.556	0.857
175	0.897	1.015	0.746	0.500	0.477	0.857
176	0.892	1.009	0.733	0.500	0.477	0.857
177	0.891	1.003	0.733	0.500	0.477	0.854
178	0.891	1.003	0.725	0.500	0.477	0.854
179	0.889	1.003	0.725	0.500	0.477	0.849
180	0.882	1.003	0.724	0.500	0.477	0.849
181	0.880	1.003	0.723	0.500	0.477	0.846
182	0.880	1.003	0.721	0.500	0.477	0.833
183	0.872	0.997	0.710	0.500	0.477	0.833
184	0.870	0.997	0.710	0.500	0.477	0.830
185	0.861	0.997	0.699	0.500	0.477	0.830
186	0.853	0.997	0.679	0.500	0.477	0.830
187	0.852	0.997	0.678	0.500	0.477	0.830
188	0.852	0.989	0.670	0.500	0.477	0.828
189	0.850	0.989	0.660	0.500	0.477	0.825
190	0.849	0.989	0.659	0.500	0.477	0.825
191	0.847	0.989	0.656	0.475	0.477	0.822
192	0.843	0.989	0.655	0.450	0.477	0.822
193	0.837	0.983	0.651	0.438	0.477	0.820
194	0.828	0.983	0.648	0.438	0.477	0.815
195	0.826	0.983	0.646	0.438	0.477	0.812
196	0.825	0.983	0.641	0.438	0.477	0.812
197	0.825	0.977	0.638	0.438	0.477	0.804
198	0.822	0.977	0.634	0.438	0.477	0.804
199	0.822	0.977	0.633	0.438	0.477	0.804
200	0.817	0.971	0.633	0.438	0.477	0.801

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
201	0.817	0.971	0.629	0.438	0.477	0.799
202	0.813	0.965	0.627	0.438	0.477	0.799
203	0.813	0.965	0.625	0.438	0.477	0.793
204	0.813	0.965	0.623	0.438	0.477	0.793
205	0.810	0.965	0.623	0.438	0.477	0.793
206	0.810	0.965	0.617	0.438	0.397	0.793
207	0.798	0.965	0.617	0.438	0.397	0.791
208	0.798	0.959	0.615	0.438	0.397	0.785
209	0.798	0.959	0.615	0.438	0.397	0.785
210	0.796	0.959	0.611	0.438	0.397	0.785
211	0.793	0.950	0.610	0.394	0.397	0.777
212	0.792	0.950	0.610	0.388	0.397	0.777
213	0.792	0.950	0.610	0.388	0.397	0.777
214	0.787	0.950	0.610	0.375	0.397	0.777
215	0.780	0.945	0.598	0.375	0.397	0.775
216	0.779	0.945	0.596	0.375	0.397	0.764
217	0.776	0.945	0.596	0.375	0.397	0.762
218	0.775	0.939	0.596	0.375	0.397	0.759
219	0.772	0.939	0.591	0.375	0.397	0.759
220	0.767	0.939	0.587	0.375	0.397	0.754
221	0.760	0.933	0.581	0.375	0.397	0.751
222	0.755	0.933	0.574	0.375	0.397	0.751
223	0.750	0.933	0.573	0.375	0.397	0.743
224	0.748	0.933	0.570	0.375	0.397	0.738
225	0.744	0.933	0.566	0.375	0.397	0.735
226	0.742	0.927	0.565	0.375	0.397	0.735
227	0.742	0.927	0.564	0.319	0.397	0.735
228	0.740	0.927	0.561	0.313	0.397	0.733
229	0.721	0.918	0.560	0.313	0.397	0.733
230	0.717	0.918	0.560	0.313	0.397	0.730
231	0.713	0.918	0.558	0.313	0.397	0.730
232	0.712	0.918	0.558	0.313	0.397	0.730
233	0.701	0.912	0.557	0.313	0.397	0.730
234	0.684	0.912	0.555	0.313	0.397	0.730
235	0.683	0.912	0.551	0.313	0.397	0.727
236	0.676	0.906	0.549	0.313	0.397	0.727
237	0.674	0.901	0.547	0.313	0.397	0.727
238	0.670	0.901	0.546	0.313	0.318	0.727

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
239	0.665	0.901	0.542	0.313	0.318	0.727
240	0.649	0.895	0.534	0.313	0.318	0.725
241	0.647	0.895	0.532	0.313	0.318	0.719
242	0.643	0.886	0.522	0.313	0.318	0.714
243	0.641	0.886	0.522	0.307	0.318	0.714
244	0.640	0.886	0.517	0.294	0.318	0.711
245	0.638	0.874	0.517	0.288	0.318	0.711
246	0.634	0.874	0.516	0.281	0.318	0.711
247	0.634	0.874	0.513	0.281	0.318	0.706
248	0.629	0.862	0.511	0.275	0.318	0.701
249	0.621	0.854	0.508	0.275	0.318	0.696
250	0.618	0.854	0.508	0.269	0.318	0.696
251	0.615	0.854	0.504	0.269	0.318	0.688
252	0.615	0.848	0.496	0.250	0.318	0.685
253	0.607	0.848	0.490	0.250	0.318	0.685
254	0.602	0.842	0.488	0.250	0.318	0.685
255	0.599	0.842	0.486	0.250	0.318	0.682
256	0.596	0.842	0.483	0.250	0.318	0.680
257	0.596	0.842	0.483	0.250	0.318	0.680
258	0.594	0.836	0.481	0.250	0.318	0.680
259	0.592	0.836	0.481	0.250	0.318	0.680
260	0.588	0.836	0.478	0.250	0.318	0.680
261	0.588	0.830	0.478	0.250	0.318	0.677
262	0.587	0.830	0.475	0.250	0.318	0.674
263	0.585	0.830	0.475	0.250	0.318	0.672
264	0.582	0.821	0.475	0.250	0.318	0.672
265	0.580	0.821	0.470	0.250	0.318	0.664
266	0.576	0.821	0.470	0.250	0.238	0.658
267	0.571	0.815	0.470	0.250	0.238	0.658
268	0.570	0.815	0.467	0.250	0.238	0.658
269	0.570	0.815	0.466	0.250	0.238	0.656
270	0.569	0.810	0.466	0.250	0.238	0.645
271	0.568	0.810	0.464	0.250	0.238	0.640
272	0.567	0.810	0.460	0.250	0.238	0.637
273	0.566	0.810	0.459	0.250	0.238	0.637
274	0.561	0.804	0.458	0.225	0.238	0.637
275	0.560	0.804	0.455	0.225	0.238	0.635
276	0.557	0.798	0.454	0.219	0.238	0.632

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
277	0.554	0.798	0.452	0.219	0.238	0.632
278	0.551	0.798	0.451	0.213	0.238	0.629
279	0.551	0.798	0.451	0.213	0.238	0.627
280	0.549	0.798	0.448	0.213	0.238	0.627
281	0.549	0.798	0.447	0.206	0.238	0.624
282	0.546	0.789	0.447	0.206	0.238	0.619
283	0.546	0.789	0.443	0.194	0.238	0.619
284	0.543	0.789	0.443	0.194	0.238	0.616
285	0.541	0.783	0.441	0.188	0.238	0.614
286	0.540	0.783	0.439	0.188	0.238	0.606
287	0.540	0.777	0.439	0.188	0.238	0.600
288	0.540	0.777	0.439	0.188	0.238	0.600
289	0.539	0.777	0.439	0.188	0.238	0.592
290	0.537	0.777	0.437	0.188	0.238	0.584
291	0.536	0.771	0.436	0.188	0.238	0.584
292	0.536	0.771	0.435	0.188	0.238	0.563
293	0.533	0.771	0.432	0.188	0.238	0.561
294	0.529	0.760	0.431	0.188	0.238	0.553
295	0.528	0.751	0.431	0.188	0.238	0.553
296	0.524	0.745	0.429	0.188	0.238	0.545
297	0.524	0.739	0.429	0.188	0.238	0.539
298	0.523	0.733	0.426	0.188	0.238	0.537
299	0.521	0.733	0.418	0.188	0.238	0.534
300	0.519	0.733	0.412	0.188	0.238	0.532
301	0.519	0.727	0.412	0.188	0.159	0.529
302	0.518	0.727	0.412	0.181	0.159	0.529
303	0.515	0.727	0.406	0.169	0.159	0.529
304	0.511	0.719	0.405	0.163	0.159	0.529
305	0.510	0.719	0.405	0.163	0.159	0.529
306	0.506	0.719	0.401	0.156	0.159	0.526
307	0.506	0.707	0.399	0.150	0.159	0.526
308	0.506	0.695	0.398	0.150	0.159	0.526
309	0.506	0.695	0.397	0.144	0.159	0.521
310	0.500	0.695	0.393	0.144	0.159	0.521
311	0.500	0.695	0.391	0.138	0.159	0.516
312	0.498	0.686	0.391	0.138	0.159	0.513
313	0.498	0.686	0.382	0.138	0.159	0.508
314	0.498	0.675	0.379	0.131	0.159	0.508

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
315	0.498	0.669	0.379	0.131	0.159	0.500
316	0.497	0.669	0.371	0.131	0.159	0.489
317	0.497	0.669	0.371	0.131	0.159	0.489
318	0.494	0.669	0.365	0.125	0.159	0.489
319	0.494	0.669	0.364	0.125	0.159	0.476
320	0.491	0.663	0.357	0.125	0.159	0.473
321	0.491	0.663	0.356	0.125	0.159	0.471
322	0.489	0.654	0.356	0.125	0.159	0.471
323	0.487	0.648	0.356	0.125	0.159	0.471
324	0.486	0.637	0.353	0.125	0.159	0.471
325	0.486	0.631	0.352	0.125	0.159	0.471
326	0.483	0.631	0.350	0.125	0.159	0.460
327	0.483	0.631	0.349	0.125	0.159	0.457
328	0.482	0.631	0.348	0.125	0.159	0.455
329	0.473	0.622	0.348	0.125	0.159	0.455
330	0.473	0.622	0.345	0.125	0.159	0.455
331	0.473	0.616	0.345	0.125	0.159	0.455
332	0.471	0.616	0.337	0.125	0.159	0.452
333	0.465	0.604	0.335	0.125	0.159	0.452
334	0.460	0.604	0.335	0.125	0.159	0.452
335	0.460	0.604	0.334	0.125	0.159	0.444
336	0.452	0.604	0.334	0.125	0.159	0.439
337	0.447	0.598	0.330	0.125	0.159	0.436
338	0.446	0.590	0.330	0.125	0.159	0.436
339	0.445	0.584	0.329	0.125	0.159	0.436
340	0.444	0.584	0.329	0.125	0.159	0.436
341	0.441	0.578	0.327	0.125	0.159	0.434
342	0.439	0.566	0.327	0.125	0.159	0.434
343	0.439	0.566	0.327	0.125	0.159	0.426
344	0.436	0.566	0.321	0.125	0.159	0.423
345	0.436	0.566	0.319	0.125	0.159	0.418
346	0.436	0.551	0.310	0.125	0.159	0.410
347	0.436	0.540	0.310	0.125	0.159	0.405
348	0.427	0.540	0.307	0.125	0.079	0.405
349	0.424	0.534	0.304	0.125	0.079	0.402
350	0.422	0.534	0.299	0.125	0.079	0.402
351	0.422	0.528	0.297	0.125	0.079	0.402
352	0.418	0.522	0.289	0.125	0.079	0.397

Continuación Cuadro 78						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
353	0.418	0.507	0.287	0.113	0.079	0.394
354	0.418	0.502	0.284	0.113	0.079	0.386
355	0.415	0.502	0.280	0.106	0.079	0.386
356	0.414	0.496	0.277	0.106	0.079	0.381
357	0.397	0.487	0.276	0.106	0.079	0.357
358	0.390	0.475	0.266	0.100	0.079	0.354
359	0.388	0.469	0.265	0.088	0.079	0.352
360	0.385	0.455	0.250	0.075	0.079	0.344
361	0.370	0.449	0.243	0.075	0.079	0.344
362	0.367	0.431	0.236	0.069	0.079	0.317
363	0.356	0.384	0.232	0.069	0.079	0.312
364	0.348	0.308	0.221	0.063	0.079	0.299
365	0.334	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275
Promedio	1.001	1.000	0.998	0.997	0.998	1.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 79: Caudales unitarios históricos de la estación La Presa

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
1	3.765	2.323	5.870	11.822	13.900	3.253
2	3.410	2.156	5.854	9.883	11.755	3.226
3	2.785	2.033	5.215	7.444	11.199	3.041
4	2.734	2.018	5.120	6.380	10.961	2.988
5	2.698	2.012	5.108	6.380	9.531	2.909
6	2.665	2.001	5.079	5.817	7.546	2.856
7	2.659	1.678	4.305	5.630	7.546	2.803
8	2.493	1.672	4.269	5.630	6.751	2.777
9	2.445	1.660	3.500	5.505	6.354	2.750
10	2.433	1.613	3.246	5.317	5.878	2.671
11	2.409	1.613	3.114	5.067	5.322	2.549
12	2.400	1.602	2.940	4.754	5.322	2.446
13	2.348	1.569	2.904	4.754	5.242	2.414
14	2.295	1.569	2.841	4.754	4.924	2.383
15	2.259	1.549	2.798	4.691	4.766	2.340
16	2.193	1.517	2.718	4.629	4.368	2.309
17	2.176	1.493	2.553	4.441	4.368	2.285
18	2.125	1.484	2.499	4.253	4.289	2.269
19	2.075	1.478	2.480	4.147	4.051	2.261

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
20	2.068	1.467	2.279	4.128	3.892	2.258
21	2.029	1.452	2.249	3.941	3.733	2.256
22	2.027	1.446	2.125	3.941	3.574	2.195
23	2.025	1.446	2.077	3.878	3.098	2.182
24	2.003	1.440	2.064	3.691	3.098	2.161
25	1.958	1.440	2.047	3.565	2.939	2.158
26	1.947	1.429	2.014	3.190	2.859	2.105
27	1.946	1.429	1.998	3.065	2.780	2.073
28	1.940	1.420	1.990	3.065	2.701	2.063
29	1.931	1.396	1.969	3.065	2.462	2.018
30	1.928	1.387	1.967	2.940	2.462	2.015
31	1.926	1.376	1.942	2.877	2.383	1.991
32	1.919	1.370	1.935	2.815	2.145	1.968
33	1.907	1.370	1.904	2.627	2.145	1.946
34	1.875	1.358	1.900	2.565	1.986	1.936
35	1.834	1.358	1.899	2.565	1.986	1.923
36	1.834	1.349	1.877	2.502	1.986	1.909
37	1.827	1.343	1.855	2.502	1.986	1.880
38	1.822	1.338	1.826	2.502	1.906	1.872
39	1.752	1.305	1.802	2.440	1.906	1.872
40	1.749	1.305	1.787	2.440	1.906	1.798
41	1.726	1.305	1.787	2.252	1.906	1.737
42	1.725	1.299	1.782	2.252	1.747	1.714
43	1.722	1.299	1.749	2.252	1.747	1.685
44	1.720	1.294	1.742	2.252	1.668	1.677
45	1.719	1.294	1.737	2.252	1.589	1.669
46	1.719	1.294	1.718	2.252	1.589	1.640
47	1.714	1.294	1.714	2.189	1.589	1.640
48	1.711	1.294	1.703	2.127	1.589	1.637
49	1.703	1.279	1.698	2.064	1.589	1.611
50	1.693	1.279	1.694	2.064	1.589	1.605
51	1.664	1.279	1.688	2.002	1.589	1.592
52	1.633	1.279	1.687	1.939	1.589	1.573
53	1.612	1.273	1.679	1.939	1.509	1.523
54	1.586	1.273	1.673	1.877	1.509	1.510
55	1.586	1.261	1.671	1.814	1.430	1.492
56	1.561	1.261	1.671	1.814	1.350	1.444
57	1.556	1.261	1.664	1.814	1.350	1.441

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
58	1.527	1.261	1.651	1.814	1.350	1.431
59	1.523	1.253	1.650	1.751	1.350	1.428
60	1.520	1.253	1.641	1.751	1.350	1.388
61	1.520	1.253	1.641	1.564	1.350	1.365
62	1.496	1.247	1.635	1.501	1.350	1.351
63	1.491	1.235	1.623	1.501	1.350	1.328
64	1.467	1.235	1.603	1.501	1.271	1.312
65	1.465	1.235	1.588	1.501	1.271	1.309
66	1.461	1.235	1.584	1.501	1.271	1.306
67	1.455	1.229	1.584	1.439	1.271	1.285
68	1.452	1.220	1.578	1.439	1.271	1.277
69	1.448	1.220	1.577	1.376	1.191	1.275
70	1.446	1.214	1.575	1.376	1.191	1.275
71	1.440	1.209	1.546	1.376	1.191	1.275
72	1.409	1.209	1.533	1.376	1.191	1.275
73	1.407	1.209	1.527	1.357	1.112	1.275
74	1.400	1.209	1.525	1.314	1.112	1.275
75	1.369	1.203	1.501	1.314	1.112	1.259
76	1.368	1.203	1.498	1.314	1.112	1.238
77	1.347	1.203	1.493	1.314	1.112	1.238
78	1.339	1.188	1.478	1.314	1.112	1.216
79	1.334	1.182	1.478	1.251	1.112	1.206
80	1.334	1.176	1.442	1.251	1.112	1.203
81	1.297	1.176	1.422	1.251	1.112	1.203
82	1.276	1.170	1.422	1.188	1.033	1.203
83	1.272	1.170	1.402	1.188	1.033	1.198
84	1.266	1.170	1.400	1.188	1.033	1.190
85	1.264	1.170	1.385	1.126	1.033	1.182
86	1.252	1.170	1.384	1.126	1.033	1.179
87	1.246	1.165	1.369	1.126	1.033	1.179
88	1.241	1.165	1.355	1.126	1.033	1.177
89	1.241	1.159	1.351	1.126	1.033	1.169
90	1.231	1.159	1.319	1.126	1.033	1.169
91	1.228	1.159	1.289	1.063	0.953	1.166
92	1.214	1.159	1.264	1.063	0.953	1.161
93	1.213	1.150	1.262	1.001	0.953	1.161
94	1.175	1.150	1.249	1.001	0.953	1.158
95	1.168	1.144	1.247	1.001	0.953	1.148

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
96	1.157	1.138	1.225	1.001	0.953	1.140
97	1.157	1.138	1.213	1.001	0.953	1.137
98	1.153	1.132	1.206	0.938	0.953	1.134
99	1.148	1.132	1.192	0.938	0.953	1.134
100	1.145	1.132	1.190	0.938	0.953	1.134
101	1.143	1.132	1.184	0.938	0.953	1.134
102	1.140	1.132	1.182	0.876	0.874	1.134
103	1.134	1.126	1.179	0.876	0.874	1.134
104	1.125	1.118	1.176	0.876	0.874	1.121
105	1.121	1.118	1.127	0.876	0.874	1.103
106	1.120	1.118	1.123	0.876	0.874	1.103
107	1.117	1.118	1.118	0.876	0.874	1.103
108	1.101	1.118	1.112	0.876	0.874	1.103
109	1.089	1.112	1.078	0.876	0.794	1.100
110	1.089	1.112	1.072	0.876	0.794	1.084
111	1.087	1.112	1.070	0.876	0.794	1.084
112	1.086	1.106	1.063	0.813	0.794	1.084
113	1.083	1.106	1.048	0.813	0.794	1.079
114	1.080	1.106	1.046	0.813	0.794	1.071
115	1.078	1.106	1.040	0.813	0.794	1.068
116	1.075	1.100	1.038	0.813	0.794	1.068
117	1.073	1.100	1.035	0.813	0.794	1.068
118	1.073	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
119	1.072	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
120	1.071	1.094	1.027	0.813	0.794	1.050
121	1.067	1.094	1.027	0.813	0.715	1.050
122	1.057	1.085	1.027	0.751	0.715	1.042
123	1.054	1.085	1.015	0.751	0.715	1.042
124	1.047	1.085	1.008	0.751	0.715	1.037
125	1.047	1.085	1.006	0.751	0.715	1.037
126	1.046	1.085	0.997	0.688	0.715	1.034
127	1.041	1.085	0.991	0.688	0.715	1.031
128	1.035	1.085	0.985	0.688	0.715	1.026
129	1.032	1.085	0.970	0.688	0.715	1.021
130	1.026	1.085	0.959	0.688	0.635	1.015
131	1.020	1.079	0.943	0.688	0.635	1.005
132	1.019	1.079	0.943	0.688	0.635	1.005
133	1.017	1.079	0.943	0.688	0.635	0.992

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
134	1.016	1.079	0.943	0.688	0.635	0.992
135	1.015	1.074	0.943	0.688	0.635	0.978
136	1.014	1.074	0.941	0.626	0.635	0.976
137	1.014	1.074	0.922	0.626	0.635	0.976
138	1.007	1.068	0.914	0.626	0.635	0.973
139	1.007	1.068	0.906	0.626	0.635	0.968
140	1.001	1.068	0.902	0.626	0.635	0.968
141	1.000	1.062	0.887	0.626	0.635	0.963
142	0.995	1.062	0.884	0.626	0.635	0.955
143	0.991	1.062	0.884	0.626	0.635	0.955
144	0.990	1.062	0.876	0.626	0.635	0.952
145	0.990	1.053	0.872	0.626	0.635	0.944
146	0.978	1.053	0.868	0.626	0.635	0.941
147	0.978	1.053	0.862	0.626	0.556	0.941
148	0.975	1.047	0.861	0.626	0.556	0.936
149	0.971	1.047	0.861	0.626	0.556	0.926
150	0.971	1.047	0.861	0.588	0.556	0.912
151	0.968	1.047	0.861	0.563	0.556	0.912
152	0.966	1.041	0.861	0.563	0.556	0.912
153	0.965	1.041	0.858	0.563	0.556	0.910
154	0.964	1.041	0.846	0.563	0.556	0.904
155	0.963	1.041	0.843	0.563	0.556	0.904
156	0.963	1.035	0.839	0.563	0.556	0.902
157	0.956	1.035	0.838	0.563	0.556	0.902
158	0.953	1.035	0.822	0.563	0.556	0.899
159	0.953	1.035	0.822	0.563	0.556	0.899
160	0.945	1.030	0.820	0.563	0.556	0.891
161	0.942	1.030	0.803	0.563	0.556	0.891
162	0.941	1.030	0.800	0.563	0.556	0.889
163	0.941	1.030	0.800	0.563	0.556	0.886
164	0.939	1.030	0.796	0.563	0.556	0.878
165	0.938	1.030	0.792	0.563	0.556	0.865
166	0.928	1.030	0.788	0.563	0.556	0.862
167	0.925	1.030	0.788	0.563	0.556	0.862
168	0.923	1.030	0.781	0.544	0.556	0.862
169	0.922	1.030	0.780	0.532	0.556	0.862
170	0.922	1.021	0.774	0.513	0.556	0.862
171	0.916	1.021	0.774	0.500	0.556	0.859

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
172	0.915	1.015	0.773	0.500	0.556	0.859
173	0.914	1.015	0.755	0.500	0.556	0.857
174	0.897	1.015	0.750	0.500	0.556	0.857
175	0.897	1.015	0.746	0.500	0.477	0.857
176	0.892	1.009	0.733	0.500	0.477	0.857
177	0.891	1.003	0.733	0.500	0.477	0.854
178	0.891	1.003	0.725	0.500	0.477	0.854
179	0.889	1.003	0.725	0.500	0.477	0.849
180	0.882	1.003	0.724	0.500	0.477	0.849
181	0.880	1.003	0.723	0.500	0.477	0.846
182	0.880	1.003	0.721	0.500	0.477	0.833
183	0.872	0.997	0.710	0.500	0.477	0.833
184	0.870	0.997	0.710	0.500	0.477	0.830
185	0.861	0.997	0.699	0.500	0.477	0.830
186	0.853	0.997	0.679	0.500	0.477	0.830
187	0.852	0.997	0.678	0.500	0.477	0.830
188	0.852	0.989	0.670	0.500	0.477	0.828
189	0.850	0.989	0.660	0.500	0.477	0.825
190	0.849	0.989	0.659	0.500	0.477	0.825
191	0.847	0.989	0.656	0.475	0.477	0.822
192	0.843	0.989	0.655	0.450	0.477	0.822
193	0.837	0.983	0.651	0.438	0.477	0.820
194	0.828	0.983	0.648	0.438	0.477	0.815
195	0.826	0.983	0.646	0.438	0.477	0.812
196	0.825	0.983	0.641	0.438	0.477	0.812
197	0.825	0.977	0.638	0.438	0.477	0.804
198	0.822	0.977	0.634	0.438	0.477	0.804
199	0.822	0.977	0.633	0.438	0.477	0.804
200	0.817	0.971	0.633	0.438	0.477	0.801
201	0.817	0.971	0.629	0.438	0.477	0.799
202	0.813	0.965	0.627	0.438	0.477	0.799
203	0.813	0.965	0.625	0.438	0.477	0.793
204	0.813	0.965	0.623	0.438	0.477	0.793
205	0.810	0.965	0.623	0.438	0.477	0.793
206	0.810	0.965	0.617	0.438	0.397	0.793
207	0.798	0.965	0.617	0.438	0.397	0.791
208	0.798	0.959	0.615	0.438	0.397	0.785
209	0.798	0.959	0.615	0.438	0.397	0.785

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
210	0.796	0.959	0.611	0.438	0.397	0.785
211	0.793	0.950	0.610	0.394	0.397	0.777
212	0.792	0.950	0.610	0.388	0.397	0.777
213	0.792	0.950	0.610	0.388	0.397	0.777
214	0.787	0.950	0.610	0.375	0.397	0.777
215	0.780	0.945	0.598	0.375	0.397	0.775
216	0.779	0.945	0.596	0.375	0.397	0.764
217	0.776	0.945	0.596	0.375	0.397	0.762
218	0.775	0.939	0.596	0.375	0.397	0.759
219	0.772	0.939	0.591	0.375	0.397	0.759
220	0.767	0.939	0.587	0.375	0.397	0.754
221	0.760	0.933	0.581	0.375	0.397	0.751
222	0.755	0.933	0.574	0.375	0.397	0.751
223	0.750	0.933	0.573	0.375	0.397	0.743
224	0.748	0.933	0.570	0.375	0.397	0.738
225	0.744	0.933	0.566	0.375	0.397	0.735
226	0.742	0.927	0.565	0.375	0.397	0.735
227	0.742	0.927	0.564	0.319	0.397	0.735
228	0.740	0.927	0.561	0.313	0.397	0.733
229	0.721	0.918	0.560	0.313	0.397	0.733
230	0.717	0.918	0.560	0.313	0.397	0.730
231	0.713	0.918	0.558	0.313	0.397	0.730
232	0.712	0.918	0.558	0.313	0.397	0.730
233	0.701	0.912	0.557	0.313	0.397	0.730
234	0.684	0.912	0.555	0.313	0.397	0.730
235	0.683	0.912	0.551	0.313	0.397	0.727
236	0.676	0.906	0.549	0.313	0.397	0.727
237	0.674	0.901	0.547	0.313	0.397	0.727
238	0.670	0.901	0.546	0.313	0.318	0.727
239	0.665	0.901	0.542	0.313	0.318	0.727
240	0.649	0.895	0.534	0.313	0.318	0.725
241	0.647	0.895	0.532	0.313	0.318	0.719
242	0.643	0.886	0.522	0.313	0.318	0.714
243	0.641	0.886	0.522	0.307	0.318	0.714
244	0.640	0.886	0.517	0.294	0.318	0.711
245	0.638	0.874	0.517	0.288	0.318	0.711
246	0.634	0.874	0.516	0.281	0.318	0.711
247	0.634	0.874	0.513	0.281	0.318	0.706

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
248	0.629	0.862	0.511	0.275	0.318	0.701
249	0.621	0.854	0.508	0.275	0.318	0.696
250	0.618	0.854	0.508	0.269	0.318	0.696
251	0.615	0.854	0.504	0.269	0.318	0.688
252	0.615	0.848	0.496	0.250	0.318	0.685
253	0.607	0.848	0.490	0.250	0.318	0.685
254	0.602	0.842	0.488	0.250	0.318	0.685
255	0.599	0.842	0.486	0.250	0.318	0.682
256	0.596	0.842	0.483	0.250	0.318	0.680
257	0.596	0.842	0.483	0.250	0.318	0.680
258	0.594	0.836	0.481	0.250	0.318	0.680
259	0.592	0.836	0.481	0.250	0.318	0.680
260	0.588	0.836	0.478	0.250	0.318	0.680
261	0.588	0.830	0.478	0.250	0.318	0.677
262	0.587	0.830	0.475	0.250	0.318	0.674
263	0.585	0.830	0.475	0.250	0.318	0.672
264	0.582	0.821	0.475	0.250	0.318	0.672
265	0.580	0.821	0.470	0.250	0.318	0.664
266	0.576	0.821	0.470	0.250	0.238	0.658
267	0.571	0.815	0.470	0.250	0.238	0.658
268	0.570	0.815	0.467	0.250	0.238	0.658
269	0.570	0.815	0.466	0.250	0.238	0.656
270	0.569	0.810	0.466	0.250	0.238	0.645
271	0.568	0.810	0.464	0.250	0.238	0.640
272	0.567	0.810	0.460	0.250	0.238	0.637
273	0.566	0.810	0.459	0.250	0.238	0.637
274	0.561	0.804	0.458	0.225	0.238	0.637
275	0.560	0.804	0.455	0.225	0.238	0.635
276	0.557	0.798	0.454	0.219	0.238	0.632
277	0.554	0.798	0.452	0.219	0.238	0.632
278	0.551	0.798	0.451	0.213	0.238	0.629
279	0.551	0.798	0.451	0.213	0.238	0.627
280	0.549	0.798	0.448	0.213	0.238	0.627
281	0.549	0.798	0.447	0.206	0.238	0.624
282	0.546	0.789	0.447	0.206	0.238	0.619
283	0.546	0.789	0.443	0.194	0.238	0.619
284	0.543	0.789	0.443	0.194	0.238	0.616
285	0.541	0.783	0.441	0.188	0.238	0.614

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
286	0.540	0.783	0.439	0.188	0.238	0.606
287	0.540	0.777	0.439	0.188	0.238	0.600
288	0.540	0.777	0.439	0.188	0.238	0.600
289	0.539	0.777	0.439	0.188	0.238	0.592
290	0.537	0.777	0.437	0.188	0.238	0.584
291	0.536	0.771	0.436	0.188	0.238	0.584
292	0.536	0.771	0.435	0.188	0.238	0.563
293	0.533	0.771	0.432	0.188	0.238	0.561
294	0.529	0.760	0.431	0.188	0.238	0.553
295	0.528	0.751	0.431	0.188	0.238	0.553
296	0.524	0.745	0.429	0.188	0.238	0.545
297	0.524	0.739	0.429	0.188	0.238	0.539
298	0.523	0.733	0.426	0.188	0.238	0.537
299	0.521	0.733	0.418	0.188	0.238	0.534
300	0.519	0.733	0.412	0.188	0.238	0.532
301	0.519	0.727	0.412	0.188	0.159	0.529
302	0.518	0.727	0.412	0.181	0.159	0.529
303	0.515	0.727	0.406	0.169	0.159	0.529
304	0.511	0.719	0.405	0.163	0.159	0.529
305	0.510	0.719	0.405	0.163	0.159	0.529
306	0.506	0.719	0.401	0.156	0.159	0.526
307	0.506	0.707	0.399	0.150	0.159	0.526
308	0.506	0.695	0.398	0.150	0.159	0.526
309	0.506	0.695	0.397	0.144	0.159	0.521
310	0.500	0.695	0.393	0.144	0.159	0.521
311	0.500	0.695	0.391	0.138	0.159	0.516
312	0.498	0.686	0.391	0.138	0.159	0.513
313	0.498	0.686	0.382	0.138	0.159	0.508
314	0.498	0.675	0.379	0.131	0.159	0.508
315	0.498	0.669	0.379	0.131	0.159	0.500
316	0.497	0.669	0.371	0.131	0.159	0.489
317	0.497	0.669	0.371	0.131	0.159	0.489
318	0.494	0.669	0.365	0.125	0.159	0.489
319	0.494	0.669	0.364	0.125	0.159	0.476
320	0.491	0.663	0.357	0.125	0.159	0.473
321	0.491	0.663	0.356	0.125	0.159	0.471
322	0.489	0.654	0.356	0.125	0.159	0.471
323	0.487	0.648	0.356	0.125	0.159	0.471

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
324	0.486	0.637	0.353	0.125	0.159	0.471
325	0.486	0.631	0.352	0.125	0.159	0.471
326	0.483	0.631	0.350	0.125	0.159	0.460
327	0.483	0.631	0.349	0.125	0.159	0.457
328	0.482	0.631	0.348	0.125	0.159	0.455
329	0.473	0.622	0.348	0.125	0.159	0.455
330	0.473	0.622	0.345	0.125	0.159	0.455
331	0.473	0.616	0.345	0.125	0.159	0.455
332	0.471	0.616	0.337	0.125	0.159	0.452
333	0.465	0.604	0.335	0.125	0.159	0.452
334	0.460	0.604	0.335	0.125	0.159	0.452
335	0.460	0.604	0.334	0.125	0.159	0.444
336	0.452	0.604	0.334	0.125	0.159	0.439
337	0.447	0.598	0.330	0.125	0.159	0.436
338	0.446	0.590	0.330	0.125	0.159	0.436
339	0.445	0.584	0.329	0.125	0.159	0.436
340	0.444	0.584	0.329	0.125	0.159	0.436
341	0.441	0.578	0.327	0.125	0.159	0.434
342	0.439	0.566	0.327	0.125	0.159	0.434
343	0.439	0.566	0.327	0.125	0.159	0.426
344	0.436	0.566	0.321	0.125	0.159	0.423
345	0.436	0.566	0.319	0.125	0.159	0.418
346	0.436	0.551	0.310	0.125	0.159	0.410
347	0.436	0.540	0.310	0.125	0.159	0.405
348	0.427	0.540	0.307	0.125	0.079	0.405
349	0.424	0.534	0.304	0.125	0.079	0.402
350	0.422	0.534	0.299	0.125	0.079	0.402
351	0.422	0.528	0.297	0.125	0.079	0.402
352	0.418	0.522	0.289	0.125	0.079	0.397
353	0.418	0.507	0.287	0.113	0.079	0.394
354	0.418	0.502	0.284	0.113	0.079	0.386
355	0.415	0.502	0.280	0.106	0.079	0.386
356	0.414	0.496	0.277	0.106	0.079	0.381
357	0.397	0.487	0.276	0.106	0.079	0.357
358	0.390	0.475	0.266	0.100	0.079	0.354
359	0.388	0.469	0.265	0.088	0.079	0.352
360	0.385	0.455	0.250	0.075	0.079	0.344
361	0.370	0.449	0.243	0.075	0.079	0.344

Continuación Cuadro 79						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
362	0.367	0.431	0.236	0.069	0.079	0.317
363	0.356	0.384	0.232	0.069	0.079	0.312
364	0.348	0.308	0.221	0.063	0.079	0.299
365	0.334	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275
Promedio	1.001	1.000	0.998	0.997	0.998	1.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 80: Caudales unitarios actuales de la estación El Tesoro

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
1	3.077	2.285	6.221	5.408	5.729
2	2.622	2.148	5.345	5.205	4.070
3	2.504	2.018	3.645	4.788	3.397
4	2.297	1.985	3.311	4.506	3.375
5	2.283	1.985	3.064	4.135	3.072
6	2.180	1.908	2.984	4.011	3.038
7	2.148	1.908	2.707	3.470	2.893
8	2.129	1.785	2.678	3.042	2.747
9	2.094	1.596	2.617	2.929	2.623
10	1.975	1.596	2.548	2.895	2.545
11	1.944	1.596	2.420	2.771	2.523
12	1.918	1.596	2.384	2.648	2.478
13	1.897	1.596	2.383	2.625	2.366
14	1.885	1.596	2.367	2.614	2.343
15	1.872	1.596	2.341	2.569	2.343
16	1.862	1.596	2.259	2.569	2.242
17	1.832	1.596	2.239	2.535	2.220
18	1.815	1.596	2.239	2.524	2.220
19	1.805	1.596	2.189	2.310	2.175
20	1.805	1.596	2.169	2.253	2.153
21	1.804	1.596	2.140	2.253	2.119
22	1.804	1.596	2.123	2.231	2.063
23	1.791	1.596	2.121	2.231	2.063
24	1.764	1.596	2.099	2.197	2.018
25	1.749	1.596	2.099	2.197	1.996
26	1.724	1.596	2.099	2.186	1.996
27	1.724	1.596	2.067	2.152	1.973
28	1.697	1.590	2.042	2.129	1.973
29	1.687	1.557	2.031	2.095	1.951

Continuación cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
30	1.684	1.557	2.005	2.084	1.928
31	1.678	1.525	1.993	2.062	1.928
32	1.658	1.518	1.985	2.062	1.928
33	1.658	1.518	1.977	2.039	1.928
34	1.644	1.479	1.961	2.028	1.884
35	1.644	1.460	1.961	1.983	1.884
36	1.644	1.441	1.961	1.938	1.850
37	1.644	1.441	1.896	1.926	1.850
38	1.644	1.441	1.874	1.904	1.850
39	1.644	1.441	1.867	1.848	1.850
40	1.641	1.441	1.855	1.848	1.839
41	1.633	1.441	1.828	1.769	1.805
42	1.618	1.441	1.828	1.757	1.805
43	1.615	1.441	1.828	1.757	1.805
44	1.615	1.441	1.828	1.746	1.805
45	1.605	1.441	1.782	1.690	1.771
46	1.605	1.363	1.782	1.679	1.771
47	1.596	1.343	1.767	1.679	1.771
48	1.596	1.336	1.719	1.679	1.771
49	1.595	1.336	1.697	1.600	1.771
50	1.582	1.319	1.697	1.600	1.771
51	1.578	1.319	1.697	1.600	1.727
52	1.577	1.285	1.690	1.589	1.727
53	1.574	1.285	1.684	1.532	1.693
54	1.566	1.285	1.663	1.532	1.693
55	1.566	1.285	1.654	1.532	1.693
56	1.566	1.285	1.652	1.487	1.693
57	1.561	1.285	1.618	1.476	1.659
58	1.538	1.285	1.614	1.465	1.614
59	1.527	1.285	1.607	1.453	1.592
60	1.526	1.285	1.582	1.453	1.592
61	1.488	1.285	1.571	1.408	1.514
62	1.488	1.285	1.571	1.386	1.514
63	1.488	1.285	1.571	1.386	1.502
64	1.488	1.285	1.570	1.386	1.480
65	1.480	1.285	1.570	1.352	1.480
66	1.479	1.285	1.570	1.341	1.457
67	1.479	1.285	1.565	1.341	1.457

Continuación cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
68	1.479	1.285	1.554	1.341	1.457
69	1.474	1.285	1.484	1.329	1.413
70	1.469	1.285	1.480	1.318	1.413
71	1.457	1.285	1.472	1.318	1.379
72	1.451	1.285	1.462	1.284	1.200
73	1.448	1.285	1.456	1.273	1.155
74	1.439	1.285	1.446	1.273	1.155
75	1.436	1.285	1.446	1.262	1.155
76	1.435	1.285	1.446	1.251	1.144
77	1.429	1.285	1.446	1.251	1.144
78	1.411	1.285	1.446	1.251	1.144
79	1.411	1.285	1.421	1.251	1.144
80	1.411	1.285	1.390	1.251	1.144
81	1.411	1.285	1.372	1.251	1.132
82	1.411	1.285	1.352	1.251	1.121
83	1.400	1.285	1.331	1.239	1.121
84	1.393	1.285	1.325	1.228	1.121
85	1.335	1.285	1.325	1.183	1.121
86	1.335	1.285	1.325	1.183	1.110
87	1.326	1.285	1.325	1.183	1.088
88	1.303	1.285	1.264	1.183	1.088
89	1.292	1.285	1.222	1.183	1.088
90	1.266	1.285	1.222	1.149	1.076
91	1.261	1.285	1.217	1.149	1.065
92	1.260	1.285	1.209	1.138	1.065
93	1.260	1.285	1.209	1.127	1.065
94	1.260	1.285	1.209	1.127	1.054
95	1.260	1.285	1.209	1.127	1.043
96	1.260	1.259	1.209	1.115	1.043
97	1.260	1.232	1.209	1.115	1.031
98	1.260	1.212	1.209	1.115	1.031
99	1.260	1.207	1.209	1.115	1.020
100	1.260	1.167	1.209	1.115	1.020
101	1.260	1.154	1.209	1.115	1.020
102	1.260	1.154	1.209	1.115	1.020
103	1.252	1.154	1.209	1.115	1.020
104	1.252	1.148	1.153	1.115	1.020
105	1.248	1.128	1.104	1.115	1.009

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
106	1.235	1.128	1.096	1.115	1.009
107	1.229	1.128	1.096	1.115	0.998
108	1.224	1.128	1.096	1.115	0.998
109	1.223	1.128	1.096	1.115	0.998
110	1.223	1.128	1.096	1.115	0.998
111	1.223	1.128	1.096	1.115	0.998
112	1.218	1.128	1.096	1.115	0.998
113	1.210	1.128	1.096	1.115	0.998
114	1.210	1.128	1.096	1.115	0.987
115	1.201	1.128	1.096	1.115	0.975
116	1.186	1.128	1.096	1.115	0.975
117	1.186	1.128	1.096	1.093	0.975
118	1.186	1.128	1.096	1.070	0.975
119	1.186	1.128	1.096	1.059	0.975
120	1.186	1.128	1.096	1.059	0.975
121	1.186	1.128	1.096	1.059	0.975
122	1.186	1.128	1.096	1.048	0.964
123	1.186	1.128	1.096	1.048	0.964
124	1.186	1.128	1.096	1.048	0.953
125	1.186	1.128	1.096	1.048	0.953
126	1.186	1.128	1.083	1.048	0.953
127	1.186	1.128	1.073	1.014	0.953
128	1.186	1.128	1.063	1.014	0.953
129	1.186	1.128	1.015	1.003	0.953
130	1.186	1.128	0.987	0.991	0.953
131	1.186	1.128	0.987	0.991	0.953
132	1.186	1.128	0.987	0.991	0.953
133	1.186	1.128	0.987	0.991	0.953
134	1.178	1.128	0.987	0.991	0.953
135	1.159	1.128	0.987	0.991	0.953
136	1.158	1.128	0.987	0.991	0.953
137	1.155	1.128	0.987	0.991	0.942
138	1.145	1.128	0.987	0.991	0.931
139	1.144	1.128	0.987	0.991	0.931
140	1.143	1.128	0.987	0.991	0.931
141	1.122	1.128	0.987	0.991	0.931
142	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
143	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
144	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
145	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
146	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
147	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
148	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931
149	1.108	1.128	0.987	0.991	0.919
150	1.104	1.128	0.987	0.991	0.919
151	1.084	1.128	0.987	0.991	0.908
152	1.082	1.128	0.987	0.991	0.908
153	1.082	1.128	0.986	0.991	0.908
154	1.061	1.128	0.966	0.946	0.908
155	1.053	1.128	0.950	0.946	0.908
156	1.051	1.128	0.916	0.924	0.908
157	1.041	1.128	0.891	0.924	0.908
158	1.041	1.128	0.891	0.924	0.897
159	1.041	1.128	0.891	0.924	0.897
160	1.041	1.128	0.888	0.924	0.897
161	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
162	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
163	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
164	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
165	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
166	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897
167	1.041	1.128	0.882	0.913	0.897
168	1.041	1.128	0.882	0.901	0.897
169	1.041	1.128	0.882	0.890	0.897
170	1.041	1.128	0.882	0.867	0.897
171	1.041	1.128	0.882	0.867	0.897
172	1.041	1.128	0.882	0.867	0.897
173	1.041	1.128	0.882	0.867	0.897
174	1.041	1.128	0.882	0.867	0.897
175	1.036	1.128	0.882	0.867	0.897
176	1.031	1.128	0.882	0.867	0.897
177	0.992	1.128	0.882	0.867	0.897
178	0.990	1.128	0.882	0.867	0.897
179	0.989	1.128	0.882	0.867	0.897
180	0.980	1.128	0.882	0.867	0.897
181	0.712	0.827	0.646	0.636	0.658

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
182	0.712	0.827	0.646	0.636	0.658
183	0.691	0.827	0.646	0.636	0.658
184	0.678	0.827	0.646	0.636	0.658
185	0.673	0.827	0.646	0.636	0.658
186	0.670	0.827	0.646	0.636	0.658
187	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
188	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
189	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
190	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
191	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
192	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
193	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
194	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
195	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
196	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
197	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
198	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
199	0.661	0.827	0.646	0.636	0.658
200	0.661	0.827	0.618	0.636	0.658
201	0.661	0.827	0.616	0.636	0.658
202	0.661	0.827	0.609	0.636	0.658
203	0.661	0.827	0.609	0.636	0.658
204	0.661	0.827	0.607	0.636	0.658
205	0.661	0.827	0.582	0.636	0.658
206	0.661	0.827	0.581	0.636	0.649
207	0.661	0.827	0.573	0.636	0.649
208	0.661	0.827	0.573	0.636	0.649
209	0.661	0.827	0.573	0.636	0.649
210	0.661	0.827	0.573	0.636	0.649
211	0.661	0.827	0.573	0.636	0.641
212	0.661	0.827	0.573	0.636	0.641
213	0.658	0.827	0.573	0.636	0.641
214	0.656	0.789	0.573	0.636	0.641
215	0.655	0.774	0.573	0.636	0.641
216	0.652	0.770	0.573	0.636	0.641
217	0.649	0.761	0.573	0.636	0.633
218	0.645	0.751	0.573	0.636	0.633
219	0.639	0.751	0.573	0.636	0.633

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
220	0.628	0.713	0.573	0.636	0.633
221	0.624	0.713	0.573	0.636	0.633
222	0.624	0.713	0.573	0.636	0.633
223	0.622	0.713	0.573	0.636	0.633
224	0.611	0.713	0.573	0.636	0.625
225	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
226	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
227	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
228	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
229	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
230	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
231	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
232	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
233	0.610	0.713	0.573	0.636	0.625
234	0.610	0.713	0.573	0.595	0.625
235	0.610	0.713	0.573	0.578	0.625
236	0.610	0.713	0.573	0.553	0.625
237	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
238	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
239	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
240	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
241	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
242	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
243	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
244	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
245	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
246	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
247	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
248	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
249	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
250	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
251	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
252	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625
253	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616
254	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616
255	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616
256	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616
257	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
258	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
259	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
260	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
261	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
262	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
263	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
264	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
265	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
266	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
267	0.610	0.713	0.573	0.545	0.608
268	0.610	0.713	0.573	0.545	0.600
269	0.610	0.713	0.573	0.545	0.600
270	0.610	0.713	0.573	0.545	0.600
271	0.610	0.713	0.573	0.545	0.600
272	0.610	0.713	0.573	0.545	0.600
273	0.610	0.713	0.573	0.520	0.600
274	0.610	0.713	0.573	0.512	0.600
275	0.610	0.713	0.573	0.512	0.600
276	0.610	0.713	0.573	0.471	0.600
277	0.610	0.713	0.573	0.471	0.600
278	0.610	0.713	0.573	0.471	0.600
279	0.610	0.713	0.560	0.471	0.600
280	0.610	0.713	0.558	0.471	0.600
281	0.610	0.713	0.557	0.471	0.600
282	0.610	0.713	0.550	0.471	0.600
283	0.610	0.713	0.537	0.471	0.600
284	0.610	0.713	0.537	0.471	0.600
285	0.610	0.713	0.537	0.471	0.600
286	0.610	0.713	0.523	0.471	0.600
287	0.610	0.713	0.519	0.471	0.600
288	0.610	0.713	0.519	0.471	0.600
289	0.610	0.713	0.513	0.471	0.600
290	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
291	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
292	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
293	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
294	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
295	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
296	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
297	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
298	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
299	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
300	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
301	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
302	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
303	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
304	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
305	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
306	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
307	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
308	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
309	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
310	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
311	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
312	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
313	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
314	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
315	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
316	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
317	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
318	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
319	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
320	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
321	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
322	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600
323	0.610	0.713	0.496	0.471	0.600
324	0.610	0.713	0.468	0.471	0.600
325	0.610	0.713	0.468	0.471	0.600
326	0.599	0.713	0.468	0.471	0.600
327	0.596	0.713	0.468	0.471	0.600
328	0.595	0.713	0.468	0.471	0.600
329	0.590	0.713	0.465	0.471	0.600
330	0.588	0.713	0.442	0.471	0.600
331	0.587	0.713	0.434	0.471	0.600
332	0.580	0.609	0.434	0.471	0.600
333	0.573	0.599	0.434	0.471	0.600

Continuación Cuadro 80					
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976
334	0.570	0.599	0.434	0.471	0.592
335	0.566	0.599	0.434	0.471	0.592
336	0.562	0.599	0.434	0.471	0.592
337	0.562	0.599	0.434	0.471	0.584
338	0.562	0.599	0.434	0.471	0.584
339	0.562	0.599	0.434	0.471	0.584
340	0.562	0.599	0.434	0.471	0.584
341	0.562	0.599	0.434	0.471	0.575
342	0.562	0.599	0.434	0.471	0.575
343	0.562	0.599	0.434	0.471	0.575
344	0.562	0.599	0.434	0.471	0.575
345	0.562	0.599	0.434	0.471	0.575
346	0.562	0.599	0.434	0.471	0.567
347	0.562	0.599	0.434	0.438	0.567
348	0.562	0.599	0.434	0.429	0.567
349	0.562	0.599	0.434	0.429	0.559
350	0.562	0.599	0.434	0.429	0.559
351	0.562	0.599	0.434	0.429	0.559
352	0.562	0.599	0.434	0.429	0.559
353	0.562	0.599	0.434	0.388	0.559
354	0.562	0.599	0.434	0.388	0.559
355	0.562	0.599	0.434	0.388	0.559
356	0.562	0.599	0.434	0.388	0.559
357	0.562	0.599	0.434	0.388	0.542
358	0.559	0.599	0.434	0.388	0.542
359	0.550	0.599	0.383	0.388	0.542
360	0.541	0.599	0.370	0.388	0.542
361	0.535	0.599	0.370	0.388	0.542
362	0.532	0.599	0.370	0.388	0.542
363	0.522	0.599	0.370	0.388	0.542
364	0.519	0.599	0.370	0.388	0.542
365	0.514	0.599	0.370	0.388	0.542
Promedio	1.007	1.005	1.015	1.013	1.014

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 81: Caudales unitarios actuales de la estación La Presa

Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
1	3.770	2.333	5.892	11.861	13.907	3.266
2	3.414	2.165	5.875	9.915	11.762	3.239

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
3	2.789	2.042	5.234	7.468	11.205	3.053
4	2.738	2.027	5.139	6.401	10.967	3.000
5	2.701	2.021	5.127	6.401	9.537	2.921
6	2.668	2.009	5.098	5.836	7.550	2.867
7	2.662	1.685	4.321	5.648	7.550	2.814
8	2.497	1.679	4.284	5.648	6.755	2.788
9	2.448	1.667	3.513	5.522	6.358	2.761
10	2.436	1.620	3.258	5.334	5.881	2.682
11	2.412	1.620	3.126	5.083	5.325	2.559
12	2.403	1.609	2.951	4.769	5.325	2.456
13	2.350	1.576	2.914	4.769	5.245	2.424
14	2.298	1.576	2.852	4.769	4.927	2.392
15	2.262	1.556	2.808	4.707	4.768	2.350
16	2.195	1.523	2.728	4.644	4.371	2.318
17	2.179	1.500	2.563	4.456	4.371	2.294
18	2.127	1.491	2.508	4.267	4.291	2.278
19	2.078	1.485	2.489	4.161	4.053	2.270
20	2.070	1.473	2.287	4.142	3.894	2.267
21	2.031	1.458	2.257	3.954	3.735	2.265
22	2.029	1.452	2.133	3.954	3.576	2.204
23	2.028	1.452	2.084	3.891	3.099	2.190
24	2.006	1.447	2.072	3.703	3.099	2.169
25	1.960	1.447	2.054	3.577	2.940	2.167
26	1.950	1.435	2.022	3.200	2.861	2.113
27	1.948	1.435	2.005	3.075	2.781	2.082
28	1.942	1.426	1.997	3.075	2.702	2.071
29	1.933	1.402	1.977	3.075	2.464	2.026
30	1.930	1.394	1.974	2.949	2.464	2.023
31	1.929	1.382	1.949	2.887	2.384	1.999
32	1.921	1.376	1.942	2.824	2.146	1.975
33	1.909	1.376	1.911	2.636	2.146	1.954
34	1.877	1.364	1.907	2.573	1.987	1.944
35	1.837	1.364	1.906	2.573	1.987	1.930
36	1.837	1.355	1.884	2.510	1.987	1.917
37	1.829	1.349	1.862	2.510	1.987	1.888
38	1.825	1.343	1.833	2.510	1.907	1.880
39	1.754	1.311	1.809	2.447	1.907	1.880
40	1.751	1.311	1.794	2.447	1.907	1.805

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
41	1.728	1.311	1.794	2.259	1.907	1.744
42	1.727	1.305	1.788	2.259	1.748	1.720
43	1.724	1.305	1.756	2.259	1.748	1.691
44	1.722	1.299	1.749	2.259	1.669	1.683
45	1.721	1.299	1.743	2.259	1.589	1.675
46	1.721	1.299	1.724	2.259	1.589	1.646
47	1.716	1.299	1.720	2.196	1.589	1.646
48	1.713	1.299	1.709	2.134	1.589	1.643
49	1.706	1.284	1.704	2.071	1.589	1.617
50	1.695	1.284	1.700	2.071	1.589	1.612
51	1.666	1.284	1.694	2.008	1.589	1.598
52	1.635	1.284	1.693	1.945	1.589	1.580
53	1.614	1.279	1.685	1.945	1.510	1.529
54	1.588	1.279	1.679	1.883	1.510	1.516
55	1.588	1.267	1.677	1.820	1.430	1.497
56	1.563	1.267	1.677	1.820	1.351	1.450
57	1.558	1.267	1.670	1.820	1.351	1.447
58	1.529	1.267	1.658	1.820	1.351	1.436
59	1.525	1.258	1.656	1.757	1.351	1.434
60	1.522	1.258	1.647	1.757	1.351	1.394
61	1.522	1.258	1.647	1.569	1.351	1.370
62	1.498	1.252	1.641	1.506	1.351	1.357
63	1.493	1.240	1.629	1.506	1.351	1.333
64	1.469	1.240	1.609	1.506	1.272	1.317
65	1.467	1.240	1.594	1.506	1.272	1.314
66	1.463	1.240	1.589	1.506	1.272	1.312
67	1.457	1.234	1.589	1.443	1.272	1.290
68	1.454	1.226	1.584	1.443	1.272	1.282
69	1.449	1.226	1.583	1.381	1.192	1.280
70	1.448	1.220	1.581	1.381	1.192	1.280
71	1.442	1.214	1.551	1.381	1.192	1.280
72	1.410	1.214	1.539	1.381	1.192	1.280
73	1.409	1.214	1.532	1.362	1.113	1.280
74	1.401	1.214	1.531	1.318	1.113	1.280
75	1.371	1.208	1.506	1.318	1.113	1.264
76	1.370	1.208	1.504	1.318	1.113	1.243
77	1.349	1.208	1.498	1.318	1.113	1.243
78	1.341	1.193	1.483	1.318	1.113	1.221

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
79	1.336	1.187	1.483	1.255	1.113	1.211
80	1.335	1.181	1.448	1.255	1.113	1.208
81	1.299	1.181	1.427	1.255	1.113	1.208
82	1.278	1.175	1.427	1.192	1.033	1.208
83	1.273	1.175	1.407	1.192	1.033	1.203
84	1.267	1.175	1.405	1.192	1.033	1.195
85	1.266	1.175	1.390	1.130	1.033	1.187
86	1.253	1.175	1.389	1.130	1.033	1.184
87	1.248	1.170	1.374	1.130	1.033	1.184
88	1.243	1.170	1.360	1.130	1.033	1.182
89	1.243	1.164	1.356	1.130	1.033	1.174
90	1.232	1.164	1.324	1.130	1.033	1.174
91	1.229	1.164	1.294	1.067	0.954	1.171
92	1.216	1.164	1.269	1.067	0.954	1.166
93	1.214	1.155	1.266	1.004	0.954	1.166
94	1.177	1.155	1.254	1.004	0.954	1.163
95	1.169	1.149	1.251	1.004	0.954	1.152
96	1.159	1.143	1.230	1.004	0.954	1.144
97	1.159	1.143	1.217	1.004	0.954	1.142
98	1.155	1.137	1.210	0.941	0.954	1.139
99	1.150	1.137	1.197	0.941	0.954	1.139
100	1.147	1.137	1.194	0.941	0.954	1.139
101	1.145	1.137	1.189	0.941	0.954	1.139
102	1.141	1.137	1.186	0.879	0.874	1.139
103	1.135	1.131	1.183	0.879	0.874	1.139
104	1.126	1.122	1.180	0.879	0.874	1.126
105	1.122	1.122	1.131	0.879	0.874	1.107
106	1.121	1.122	1.127	0.879	0.874	1.107
107	1.118	1.122	1.122	0.879	0.874	1.107
108	1.102	1.122	1.116	0.879	0.874	1.107
109	1.091	1.117	1.082	0.879	0.795	1.105
110	1.090	1.117	1.076	0.879	0.795	1.089
111	1.088	1.117	1.074	0.879	0.795	1.089
112	1.088	1.111	1.067	0.816	0.795	1.089
113	1.085	1.111	1.052	0.816	0.795	1.083
114	1.082	1.111	1.050	0.816	0.795	1.075
115	1.080	1.111	1.044	0.816	0.795	1.073
116	1.076	1.105	1.041	0.816	0.795	1.073

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
117	1.074	1.105	1.039	0.816	0.795	1.073
118	1.074	1.099	1.031	0.816	0.795	1.054
119	1.073	1.099	1.031	0.816	0.795	1.054
120	1.073	1.099	1.031	0.816	0.795	1.054
121	1.069	1.099	1.031	0.816	0.715	1.054
122	1.058	1.090	1.031	0.753	0.715	1.046
123	1.055	1.090	1.018	0.753	0.715	1.046
124	1.048	1.090	1.011	0.753	0.715	1.041
125	1.048	1.090	1.010	0.753	0.715	1.041
126	1.047	1.090	1.001	0.690	0.715	1.038
127	1.043	1.090	0.995	0.690	0.715	1.035
128	1.036	1.090	0.988	0.690	0.715	1.030
129	1.033	1.090	0.973	0.690	0.715	1.025
130	1.028	1.090	0.962	0.690	0.636	1.020
131	1.021	1.084	0.946	0.690	0.636	1.009
132	1.020	1.084	0.946	0.690	0.636	1.009
133	1.019	1.084	0.946	0.690	0.636	0.996
134	1.017	1.084	0.946	0.690	0.636	0.996
135	1.016	1.078	0.946	0.690	0.636	0.982
136	1.015	1.078	0.945	0.628	0.636	0.980
137	1.015	1.078	0.926	0.628	0.636	0.980
138	1.008	1.072	0.917	0.628	0.636	0.977
139	1.008	1.072	0.909	0.628	0.636	0.972
140	1.002	1.072	0.905	0.628	0.636	0.972
141	1.001	1.066	0.890	0.628	0.636	0.966
142	0.996	1.066	0.887	0.628	0.636	0.958
143	0.992	1.066	0.887	0.628	0.636	0.958
144	0.991	1.066	0.879	0.628	0.636	0.956
145	0.991	1.058	0.875	0.628	0.636	0.948
146	0.979	1.058	0.871	0.628	0.636	0.945
147	0.979	1.058	0.866	0.628	0.556	0.945
148	0.976	1.052	0.864	0.628	0.556	0.940
149	0.972	1.052	0.864	0.628	0.556	0.929
150	0.972	1.052	0.864	0.590	0.556	0.916
151	0.969	1.052	0.864	0.565	0.556	0.916
152	0.967	1.046	0.864	0.565	0.556	0.916
153	0.966	1.046	0.862	0.565	0.556	0.913
154	0.965	1.046	0.849	0.565	0.556	0.908

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
155	0.964	1.046	0.847	0.565	0.556	0.908
156	0.964	1.040	0.842	0.565	0.556	0.905
157	0.957	1.040	0.841	0.565	0.556	0.905
158	0.954	1.040	0.825	0.565	0.556	0.903
159	0.954	1.040	0.825	0.565	0.556	0.903
160	0.946	1.034	0.823	0.565	0.556	0.895
161	0.943	1.034	0.806	0.565	0.556	0.895
162	0.942	1.034	0.803	0.565	0.556	0.892
163	0.942	1.034	0.803	0.565	0.556	0.889
164	0.941	1.034	0.799	0.565	0.556	0.881
165	0.940	1.034	0.795	0.565	0.556	0.868
166	0.929	1.034	0.791	0.565	0.556	0.866
167	0.926	1.034	0.791	0.565	0.556	0.866
168	0.924	1.034	0.784	0.546	0.556	0.866
169	0.924	1.034	0.782	0.533	0.556	0.866
170	0.924	1.025	0.777	0.515	0.556	0.866
171	0.918	1.025	0.777	0.502	0.556	0.863
172	0.916	1.019	0.776	0.502	0.556	0.863
173	0.915	1.019	0.758	0.502	0.556	0.860
174	0.898	1.019	0.752	0.502	0.556	0.860
175	0.898	1.019	0.748	0.502	0.477	0.860
176	0.893	1.013	0.736	0.502	0.477	0.860
177	0.892	1.008	0.736	0.502	0.477	0.858
178	0.892	1.008	0.728	0.502	0.477	0.858
179	0.890	1.008	0.728	0.502	0.477	0.852
180	0.883	1.008	0.727	0.502	0.477	0.852
181	0.878	1.004	0.722	0.500	0.475	0.846
182	0.878	1.004	0.721	0.500	0.475	0.833
183	0.870	0.998	0.710	0.500	0.475	0.833
184	0.867	0.998	0.710	0.500	0.475	0.830
185	0.858	0.998	0.699	0.500	0.475	0.830
186	0.851	0.998	0.679	0.500	0.475	0.830
187	0.849	0.998	0.677	0.500	0.475	0.830
188	0.849	0.989	0.669	0.500	0.475	0.828
189	0.848	0.989	0.660	0.500	0.475	0.825
190	0.847	0.989	0.658	0.500	0.475	0.825
191	0.845	0.989	0.656	0.475	0.475	0.822
192	0.840	0.989	0.654	0.450	0.475	0.822

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
193	0.834	0.983	0.650	0.438	0.475	0.820
194	0.825	0.983	0.648	0.438	0.475	0.814
195	0.824	0.983	0.646	0.438	0.475	0.812
196	0.823	0.983	0.641	0.438	0.475	0.812
197	0.823	0.977	0.638	0.438	0.475	0.804
198	0.820	0.977	0.634	0.438	0.475	0.804
199	0.819	0.977	0.633	0.438	0.475	0.804
200	0.815	0.971	0.633	0.438	0.475	0.801
201	0.815	0.971	0.629	0.438	0.475	0.799
202	0.810	0.965	0.627	0.438	0.475	0.799
203	0.810	0.965	0.625	0.438	0.475	0.793
204	0.810	0.965	0.623	0.438	0.475	0.793
205	0.808	0.965	0.623	0.438	0.475	0.793
206	0.807	0.965	0.616	0.438	0.396	0.793
207	0.795	0.965	0.616	0.438	0.396	0.791
208	0.795	0.960	0.615	0.438	0.396	0.785
209	0.795	0.960	0.615	0.438	0.396	0.785
210	0.794	0.960	0.611	0.438	0.396	0.785
211	0.791	0.951	0.610	0.394	0.396	0.777
212	0.790	0.951	0.610	0.388	0.396	0.777
213	0.789	0.951	0.610	0.388	0.396	0.777
214	0.785	0.951	0.610	0.375	0.396	0.777
215	0.778	0.945	0.597	0.375	0.396	0.775
216	0.777	0.945	0.596	0.375	0.396	0.764
217	0.774	0.945	0.596	0.375	0.396	0.762
218	0.773	0.939	0.596	0.375	0.396	0.759
219	0.770	0.939	0.591	0.375	0.396	0.759
220	0.765	0.939	0.587	0.375	0.396	0.754
221	0.758	0.933	0.581	0.375	0.396	0.751
222	0.753	0.933	0.574	0.375	0.396	0.751
223	0.748	0.933	0.573	0.375	0.396	0.743
224	0.746	0.933	0.570	0.375	0.396	0.738
225	0.742	0.933	0.566	0.375	0.396	0.735
226	0.740	0.927	0.565	0.375	0.396	0.735
227	0.740	0.927	0.563	0.319	0.396	0.735
228	0.738	0.927	0.561	0.313	0.396	0.733
229	0.719	0.918	0.559	0.313	0.396	0.733
230	0.715	0.918	0.559	0.313	0.396	0.730

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
231	0.711	0.918	0.558	0.313	0.396	0.730
232	0.710	0.918	0.558	0.313	0.396	0.730
233	0.699	0.913	0.557	0.313	0.396	0.730
234	0.682	0.913	0.555	0.313	0.396	0.730
235	0.681	0.913	0.551	0.313	0.396	0.727
236	0.674	0.907	0.549	0.313	0.396	0.727
237	0.672	0.901	0.547	0.313	0.396	0.727
238	0.668	0.901	0.546	0.313	0.317	0.727
239	0.663	0.901	0.542	0.313	0.317	0.727
240	0.647	0.895	0.534	0.313	0.317	0.725
241	0.645	0.895	0.532	0.313	0.317	0.719
242	0.641	0.886	0.521	0.313	0.317	0.714
243	0.639	0.886	0.521	0.306	0.317	0.714
244	0.638	0.886	0.517	0.294	0.317	0.711
245	0.636	0.874	0.517	0.288	0.317	0.711
246	0.632	0.874	0.516	0.281	0.317	0.711
247	0.632	0.874	0.513	0.281	0.317	0.706
248	0.627	0.863	0.510	0.275	0.317	0.701
249	0.619	0.854	0.508	0.275	0.317	0.695
250	0.616	0.854	0.508	0.269	0.317	0.695
251	0.614	0.854	0.504	0.269	0.317	0.688
252	0.614	0.848	0.496	0.250	0.317	0.685
253	0.606	0.848	0.490	0.250	0.317	0.685
254	0.600	0.842	0.487	0.250	0.317	0.685
255	0.597	0.842	0.486	0.250	0.317	0.682
256	0.594	0.842	0.483	0.250	0.317	0.680
257	0.594	0.842	0.483	0.250	0.317	0.680
258	0.593	0.836	0.481	0.250	0.317	0.680
259	0.590	0.836	0.481	0.250	0.317	0.680
260	0.587	0.836	0.478	0.250	0.317	0.680
261	0.587	0.830	0.478	0.250	0.317	0.677
262	0.585	0.830	0.475	0.250	0.317	0.674
263	0.584	0.830	0.475	0.250	0.317	0.672
264	0.581	0.822	0.475	0.250	0.317	0.672
265	0.579	0.822	0.470	0.250	0.317	0.664
266	0.575	0.822	0.470	0.250	0.237	0.658
267	0.569	0.816	0.470	0.250	0.237	0.658
268	0.569	0.816	0.467	0.250	0.237	0.658

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
269	0.569	0.816	0.466	0.250	0.237	0.656
270	0.568	0.810	0.466	0.250	0.237	0.645
271	0.567	0.810	0.464	0.250	0.237	0.640
272	0.566	0.810	0.460	0.250	0.237	0.637
273	0.564	0.810	0.459	0.250	0.237	0.637
274	0.560	0.804	0.458	0.225	0.237	0.637
275	0.558	0.804	0.455	0.225	0.237	0.635
276	0.555	0.798	0.453	0.219	0.237	0.632
277	0.552	0.798	0.452	0.219	0.237	0.632
278	0.549	0.798	0.451	0.213	0.237	0.629
279	0.549	0.798	0.451	0.213	0.237	0.627
280	0.548	0.798	0.448	0.213	0.237	0.627
281	0.548	0.798	0.447	0.206	0.237	0.624
282	0.545	0.789	0.447	0.206	0.237	0.619
283	0.545	0.789	0.443	0.194	0.237	0.619
284	0.542	0.789	0.443	0.194	0.237	0.616
285	0.539	0.783	0.441	0.188	0.237	0.614
286	0.539	0.783	0.439	0.188	0.237	0.606
287	0.539	0.778	0.439	0.188	0.237	0.600
288	0.538	0.778	0.439	0.188	0.237	0.600
289	0.537	0.778	0.439	0.188	0.237	0.592
290	0.536	0.778	0.437	0.188	0.237	0.584
291	0.534	0.772	0.436	0.188	0.237	0.584
292	0.534	0.772	0.434	0.188	0.237	0.563
293	0.531	0.772	0.432	0.188	0.237	0.561
294	0.528	0.760	0.430	0.188	0.237	0.553
295	0.527	0.751	0.430	0.188	0.237	0.553
296	0.522	0.745	0.429	0.188	0.237	0.545
297	0.522	0.739	0.429	0.188	0.237	0.539
298	0.522	0.734	0.426	0.188	0.237	0.537
299	0.519	0.734	0.418	0.188	0.237	0.534
300	0.518	0.734	0.411	0.188	0.237	0.532
301	0.518	0.728	0.411	0.188	0.158	0.529
302	0.516	0.728	0.411	0.181	0.158	0.529
303	0.513	0.728	0.406	0.169	0.158	0.529
304	0.509	0.719	0.405	0.163	0.158	0.529
305	0.509	0.719	0.405	0.163	0.158	0.529
306	0.505	0.719	0.401	0.156	0.158	0.526

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
307	0.504	0.707	0.399	0.150	0.158	0.526
308	0.504	0.695	0.398	0.150	0.158	0.526
309	0.504	0.695	0.396	0.144	0.158	0.521
310	0.499	0.695	0.392	0.144	0.158	0.521
311	0.498	0.695	0.391	0.138	0.158	0.516
312	0.497	0.687	0.391	0.138	0.158	0.513
313	0.497	0.687	0.382	0.138	0.158	0.508
314	0.497	0.675	0.379	0.131	0.158	0.508
315	0.497	0.669	0.379	0.131	0.158	0.500
316	0.496	0.669	0.371	0.131	0.158	0.489
317	0.496	0.669	0.371	0.131	0.158	0.489
318	0.492	0.669	0.365	0.125	0.158	0.489
319	0.492	0.669	0.364	0.125	0.158	0.476
320	0.489	0.663	0.357	0.125	0.158	0.473
321	0.489	0.663	0.356	0.125	0.158	0.471
322	0.488	0.654	0.356	0.125	0.158	0.471
323	0.486	0.648	0.356	0.125	0.158	0.471
324	0.485	0.637	0.353	0.125	0.158	0.471
325	0.485	0.631	0.352	0.125	0.158	0.471
326	0.482	0.631	0.350	0.125	0.158	0.460
327	0.481	0.631	0.349	0.125	0.158	0.457
328	0.480	0.631	0.348	0.125	0.158	0.455
329	0.471	0.622	0.348	0.125	0.158	0.455
330	0.471	0.622	0.345	0.125	0.158	0.455
331	0.471	0.616	0.345	0.125	0.158	0.455
332	0.469	0.616	0.337	0.125	0.158	0.452
333	0.464	0.604	0.335	0.125	0.158	0.452
334	0.459	0.604	0.335	0.125	0.158	0.452
335	0.459	0.604	0.334	0.125	0.158	0.444
336	0.451	0.604	0.334	0.125	0.158	0.439
337	0.446	0.599	0.330	0.125	0.158	0.436
338	0.444	0.590	0.330	0.125	0.158	0.436
339	0.444	0.584	0.329	0.125	0.158	0.436
340	0.442	0.584	0.329	0.125	0.158	0.436
341	0.440	0.578	0.327	0.125	0.158	0.434
342	0.438	0.566	0.327	0.125	0.158	0.434
343	0.438	0.566	0.327	0.125	0.158	0.426
344	0.435	0.566	0.320	0.125	0.158	0.423

Continuación Cuadro 81						
Día	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977
345	0.435	0.566	0.319	0.125	0.158	0.418
346	0.435	0.552	0.310	0.125	0.158	0.410
347	0.435	0.540	0.310	0.125	0.158	0.405
348	0.426	0.540	0.307	0.125	0.079	0.405
349	0.423	0.534	0.304	0.125	0.079	0.402
350	0.421	0.534	0.299	0.125	0.079	0.402
351	0.420	0.528	0.297	0.125	0.079	0.402
352	0.417	0.522	0.289	0.125	0.079	0.397
353	0.417	0.508	0.286	0.113	0.079	0.394
354	0.417	0.502	0.284	0.113	0.079	0.386
355	0.414	0.502	0.280	0.106	0.079	0.386
356	0.413	0.496	0.277	0.106	0.079	0.381
357	0.396	0.487	0.276	0.106	0.079	0.357
358	0.389	0.475	0.266	0.100	0.079	0.354
359	0.387	0.469	0.265	0.088	0.079	0.352
360	0.384	0.455	0.250	0.075	0.079	0.344
361	0.369	0.449	0.243	0.075	0.079	0.344
362	0.366	0.431	0.236	0.069	0.079	0.317
363	0.355	0.384	0.232	0.069	0.079	0.312
364	0.347	0.308	0.221	0.063	0.079	0.299
365	0.333	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275
Promedio	1.001	1.002	1.000	1.000	0.998	1.002

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 82: Porcentaje de caudal actual durante del año de la estación El Tesoro

Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	Promedio
0	3.077	2.285	6.221	5.408	5.729	4.384
5	1.815	1.596	2.239	2.524	2.220	2.096
10	1.644	1.441	1.928	1.932	1.850	1.688
15	1.566	1.285	1.654	1.532	1.693	1.493
20	1.448	1.285	1.456	1.273	1.155	1.318
25	1.261	1.285	1.217	1.149	1.065	1.209
30	1.223	1.128	1.096	1.115	0.998	1.126
35	1.186	1.128	1.063	1.014	0.953	1.080
40	1.113	1.128	0.987	0.991	0.931	1.033
45	1.041	1.128	0.882	0.924	0.897	0.984
50	0.702	0.827	0.646	0.636	0.658	0.704

Continuación Cuadro 82						
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	Promedio
55	0.661	0.827	0.616	0.636	0.658	0.685
60	0.639	0.751	0.573	0.636	0.633	0.661
65	0.610	0.713	0.573	0.545	0.625	0.630
70	0.610	0.713	0.573	0.545	0.616	0.622
75	0.610	0.713	0.573	0.512	0.600	0.606
80	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600	0.591
85	0.610	0.713	0.502	0.471	0.600	0.577
90	0.592	0.713	0.466	0.471	0.600	0.553
95	0.562	0.599	0.434	0.438	0.567	0.515
100	0.514	0.599	0.370	0.388	0.542	0.434
					Promedio	1.095

Fuente: Elaboración propia

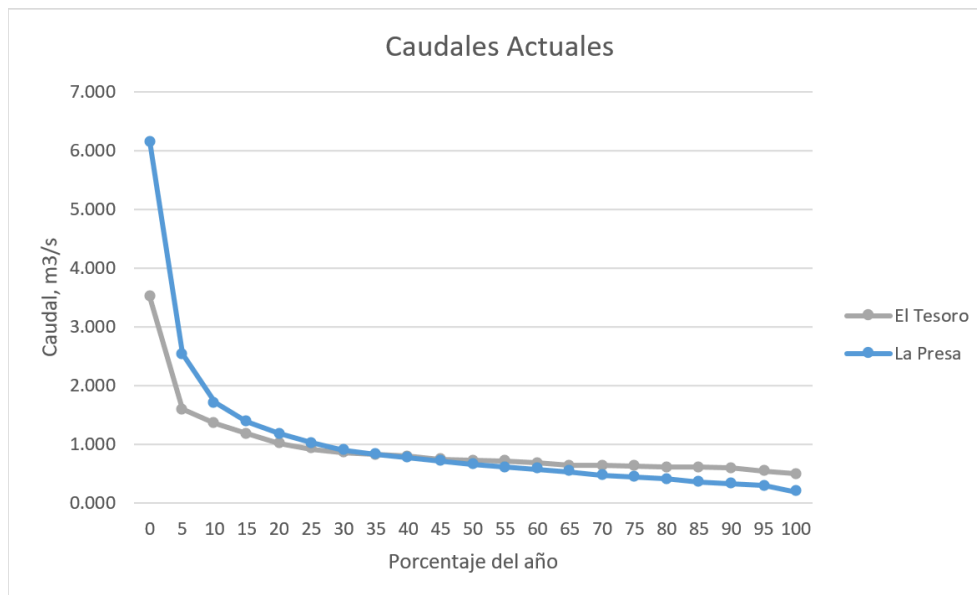
Cuadro 83: Porcentaje del caudal actual durante el año de la estación La Presa

Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	Promedio
0	3.770	2.333	5.892	11.861	13.907	3.266	6.838
5	2.127	1.491	2.508	4.267	4.291	2.278	2.827
10	1.833	1.352	1.873	2.510	1.987	1.902	1.910
15	1.588	1.267	1.677	1.820	1.430	1.497	1.547
20	1.409	1.214	1.532	1.362	1.113	1.280	1.318
25	1.229	1.164	1.294	1.067	0.954	1.171	1.146
30	1.090	1.117	1.079	0.879	0.795	1.097	1.009
35	1.036	1.090	0.988	0.690	0.715	1.030	0.925
40	0.979	1.058	0.871	0.628	0.636	0.945	0.853
45	0.941	1.034	0.799	0.565	0.556	0.881	0.796
50	0.874	1.001	0.716	0.500	0.475	0.833	0.733
55	0.815	0.971	0.629	0.438	0.475	0.799	0.688
60	0.770	0.939	0.591	0.375	0.396	0.759	0.638
65	0.672	0.901	0.547	0.313	0.396	0.727	0.593
70	0.596	0.842	0.485	0.250	0.317	0.681	0.528
75	0.560	0.804	0.458	0.225	0.237	0.637	0.487
80	0.534	0.772	0.434	0.188	0.237	0.563	0.455
85	0.499	0.695	0.392	0.144	0.158	0.521	0.402
90	0.476	0.626	0.348	0.125	0.158	0.455	0.365
95	0.435	0.540	0.310	0.125	0.158	0.405	0.3288

Continuación Cuadro 83							
Porcentaje del año	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	Promedio
100	0.333	0.296	0.215	0.063	0.079	0.275	0.210
							1.171

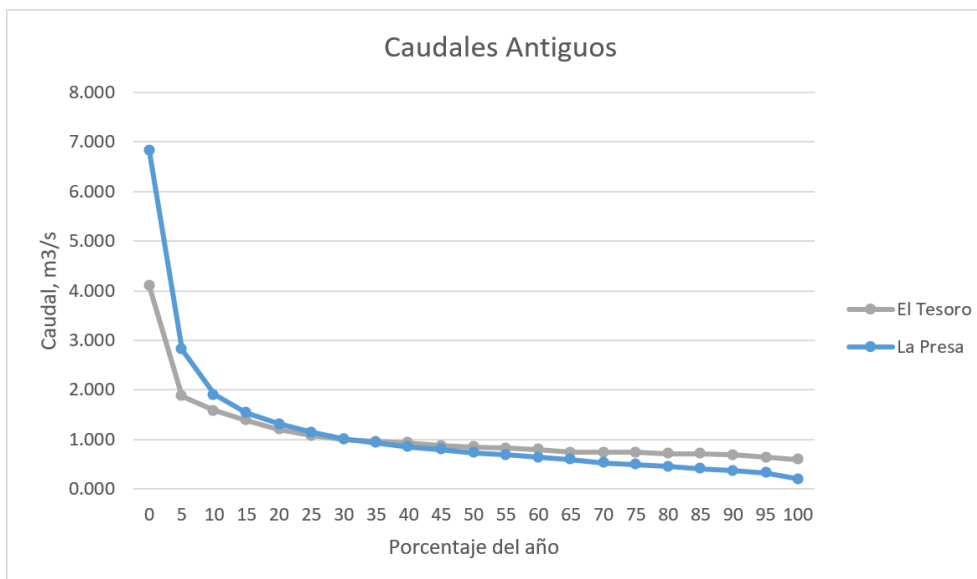
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 28: Curva de duración de caudales actuales



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 29: Curva de duración de caudales antiguos



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 84: Obtención de caudal de diseño de la subcuenca Xayá

Caudal de diseño	Volumen Ecológico - 10%	Volumen Disponible	Demanda de punta	Volumen punta	Disponible intermedia	Demanda Intermedia	Volumen intermedio	Disponible Valle	Demanda de Valle	Volumen de Valle	Volumen Vertido	Caudal de Punta	Caudal intermedia	Caudal de Valle	Potencia en punta	Potencia intermedia	Potencia en valle	h= 832 m		
																		Energía generada	Energía intermedia	Energía en valle
1.2		m3	18:00-22:00	m3	m3	6:00-18:00	m3	m3	22:00-6:00	m3	m3	m3/s	m3/s	m3/s	MW	MW	MW	kWh	kWh	kWh
15788.00.00	51886.373	43945.94	315380	3153.60	40792.34	94808.0	94608.0	31331.54	63072.0	6307.20	2502.434	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	5830.66	17491.97	1166.131
	51886.373	29507.76	315380	3153.60	26354.16	94808.0	94608.0	16893.36	63072.0	6307.20	1058.616	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	5830.66	17491.97	1166.131
	51886.373	23798.39	315380	3153.60	20644.79	94808.0	94608.0	11183.99	63072.0	6307.20	4876.79	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	5830.66	17491.97	1166.131
	51886.373	20205.85	315380	3153.60	17052.25	94808.0	94608.0	75914.5	63072.0	6307.20	1284.25	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	5830.66	17491.97	1166.131
	51886.373	17504.57	315380	3153.60	14350.97	94808.0	94608.0	48901.7	63072.0	4890.17	0	1.20	1.20	0.93	7.99	7.99	6.19	5830.66	17491.97	9041.38
	51886.373	15349.02	315380	3153.60	12195.42	94808.0	94608.0	27346.2	63072.0	2734.62	0	1.20	1.20	0.52	7.99	7.99	3.46	5830.66	17491.97	5056.01
	51886.373	14023.90	315380	3153.60	10870.30	94808.0	94608.0	14095.0	63072.0	1409.50	0	1.20	1.20	0.27	7.99	7.99	1.78	5830.66	17491.97	2606.01
	51886.373	12887.76	315380	3153.60	97341.6	94808.0	94608.0	27336	63072.0	2733.6	0	1.20	1.20	0.05	7.99	7.99	0.35	5830.66	17491.97	5054.0
	51886.373	11995.41	315380	3153.60	88418.1	94808.0	88418.1	0	63072.0	0	0	1.20	1.12	0.00	7.99	7.46	0.00	5830.66	16347.53	0
	51886.373	11050.67	315380	3153.60	78970.7	94808.0	78970.7	0	63072.0	0	0	1.20	1.00	0.00	7.99	6.67	0.00	5830.66	14600.80	0
	51886.373	10334.66	315380	3153.60	71810.6	94808.0	71810.6	0	63072.0	0	0	1.20	0.91	0.00	7.99	6.06	0.00	5830.66	13276.99	0
	51886.373	95551.1	315380	3153.60	64015.1	94808.0	64015.1	0	63072.0	0	0	1.20	0.81	0.00	7.99	5.40	0.00	5830.66	11835.88	0
	51886.373	88346.5	315380	3153.60	56810.5	94808.0	56810.5	0	63072.0	0	0	1.20	0.72	0.00	7.99	4.80	0.00	5830.66	10503.64	0
	51886.373	78199.1	315380	3153.60	46663.1	94808.0	46663.1	0	63072.0	0	0	1.20	0.59	0.00	7.99	3.94	0.00	5830.66	86274.9	0
	51886.373	71641.9	315380	3153.60	40105.9	94808.0	40105.9	0	63072.0	0	0	1.20	0.51	0.00	7.99	3.39	0.00	5830.66	74151.4	0
	51886.373	66582.8	315380	3153.60	35046.8	94808.0	35046.8	0	63072.0	0	0	1.20	0.44	0.00	7.99	2.96	0.00	5830.66	64797.6	0
	51886.373	58186.2	315380	3153.60	26650.2	94808.0	26650.2	0	63072.0	0	0	1.20	0.34	0.00	7.99	2.25	0.00	5830.66	49273.2	0
	51886.373	52359.5	315380	3153.60	20823.5	94808.0	20823.5	0	63072.0	0	0	1.20	0.26	0.00	7.99	1.76	0.00	5830.66	38500.3	0
	51886.373	46697.7	315380	3153.60	15161.7	94808.0	15161.7	0	63072.0	0	0	1.20	0.19	0.00	7.99	1.28	0.00	5830.66	28032.4	0
	51886.373	27976.0	315380	2797.60	0	94808.0	0	0	63072.0	0	0	1.06	0.00	0.00	7.09	0.00	0.00	5172.46	0	0
												Capacidad Máxima	69967872		F. P	0.60		1159.5492	24060.335	6385.405

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 85: Obtención del caudal de diseño de la subcuenca Pixcayá

Caudal de diseño	Volumen en Ecología-10%	Volumen Disponible	Demanda de punta	Volumen punta	Disponible intermedia	Demanda intermedia	Volumen intermedio	Disponible Valle	Demanda de Valle	Volumen de Valle	Volumen Vertido	Caudal de Punta	Caudal intermedia	Caudal de Valle	Potencia en punta	Potencia intermedia	Potencia en valle	h= 800 M		
																		Energía generada	Energía intermedia	Energía en valle
1.45		m3	18:00-22:00	m3	m3	6:00-18:00	m3	m3	22:00-6:00	m3	m3	m3/s	m3/s	m3/s	MW	MW	MW	kWh	kWh	kWh
157880.0000	100322.425	2849986	315360	315360	2534626	948080	948080	1588546	630720	630720	957826	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	583086	1749197	1166131
	100322.425	2395103	315360	315360	2079743	948080	948080	1133663	630720	630720	502943	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	583086	1749197	1166131
	100322.425	2092017	315360	315360	1776657	948080	948080	830577	630720	630720	199857	1.20	1.20	1.20	7.99	7.99	7.99	583086	1749197	1166131
	100322.425	1775332	315360	315360	1459972	948080	948080	513892	630720	513892	0	1.20	1.20	0.98	7.99	7.99	6.51	583086	1749197	950130
	100322.425	1592871	315360	315360	1277511	948080	948080	331431	630720	331431	0	1.20	1.20	0.63	7.99	7.99	4.20	583086	1749197	612778
	100322.425	1475142	315360	315360	1159782	948080	948080	213702	630720	213702	0	1.20	1.20	0.41	7.99	7.99	2.71	583086	1749197	395112
	100322.425	1413486	315360	315360	1098126	948080	948080	152046	630720	152046	0	1.20	1.20	0.29	7.99	7.99	1.93	583086	1749197	281116
	100322.425	1358494	315360	315360	1043134	948080	948080	97054	630720	97054	0	1.20	1.20	0.18	7.99	7.99	1.23	583086	1749197	179443
	100322.425	1278994	315360	315360	963634	948080	948080	17554	630720	17554	0	1.20	1.20	0.03	7.99	7.99	0.22	583086	1749197	32455
	100322.425	1239065	315360	315360	923705	948080	923705	0	630720	0	0	1.20	1.17	0.00	7.99	7.80	0.00	583086	170727	0
	100322.425	1211314	315360	315360	895954	948080	895954	0	630720	0	0	1.20	1.14	0.00	7.99	7.56	0.00	583086	165619	0
	100322.425	1147945	315360	315360	832585	948080	832585	0	630720	0	0	1.20	1.06	0.00	7.99	7.03	0.00	583086	1539356	0
	100322.425	1083533	315360	315360	768173	948080	768173	0	630720	0	0	1.20	0.97	0.00	7.99	6.49	0.00	583086	1420266	0
	100322.425	1080360	315360	315360	765000	948080	765000	0	630720	0	0	1.20	0.97	0.00	7.99	6.46	0.00	583086	1414399	0
	100322.425	1061096	315360	315360	745736	948080	745736	0	630720	0	0	1.20	0.95	0.00	7.99	6.30	0.00	583086	1378783	0
	100322.425	1017143	315360	315360	701783	948080	701783	0	630720	0	0	1.20	0.89	0.00	7.99	5.92	0.00	583086	1297519	0
	100322.425	1017143	315360	315360	701783	948080	701783	0	630720	0	0	1.20	0.89	0.00	7.99	5.92	0.00	583086	1297519	0
	100322.425	996496	315360	315360	681136	948080	681136	0	630720	0	0	1.20	0.86	0.00	7.99	5.75	0.00	583086	1259345	0
	100322.425	902902	315360	315360	587542	948080	587542	0	630720	0	0	1.20	0.75	0.00	7.99	4.96	0.00	583086	1086300	0
	100322.425	830621	315360	315360	515261	948080	515261	0	630720	0	0	1.20	0.65	0.00	7.99	4.35	0.00	583086	952660	0
												Capacidad Máxima	812928.00		F. P	0.59		11661312	30753266	5949427

Fuente: Elaboración propia

D. PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials," capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_u MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f MPa (kpsi)	Coefficiente σ_0 MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) [†]	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) [†]	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) [†]	1410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) [†]	1270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aluminum	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18	
	aluminio								

* Los valores se tomaron de una o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

[†] Valor derivado.

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012)

E. MODELADO

Dimensiones primarias y sus unidades

Dimensión	Símbolo*	Unidad SI	Unidad inglesa
Masa	<i>m</i>	kg (kilogramo)	lbm (libra-masa)
Longitud	<i>L</i>	m (metro)	ft (pie)
Tiempo [†]	<i>t</i>	s (segundo)	s (segundo)
Temperatura	<i>T</i>	K (kelvin)	R (rankine)
Corriente eléctrica	<i>I</i>	A (ampere)	A (ampere)
Cantidad de luz	<i>C</i>	cd (candela)	cd (candela)
Cantidad de materia	<i>N</i>	mol (mole)	mol (mole)

* Para las variables, los símbolos están en cursiva, pero no así para las dimensiones.
[†] Note que algunos autores usan el símbolo T para la dimensión tiempo y el símbolo θ para la dimensión temperatura. En este texto no se sigue este sistema para evitar confusión entre tiempo y temperatura.

Fuente: (Cengel & Cimbala, 2006)

Procedimiento y descripción detallada de los 6 pasos del método de repetición de variables

Paso 1	<p>Haga una lista de los parámetros (variables dimensionales, variables adimensionales y constantes dimensionales) y cuéntenlos. Sea n el número total de parámetros en el problema, inclusive la variable dependiente. Cerciórese de que cualquier parámetro independiente en la lista sea de hecho independiente de los demás; es decir: no se le puede expresar en sus términos. (por ejemplo, no incluya el radio r y el área $A = \pi r^2$, porque r y A no son independientes.)</p>
Paso 2	<p>Haga una lista con las dimensiones primarias para cada uno de los n parámetros.</p>
Paso 3	<p>Suponga la reducción j. Como primera suposición, haga j igual al número de dimensiones primarias representadas en el problema. El número esperado de $\pi' (k)$ es igual a n menos j de acuerdo con el teorema Pi de Buckingham,</p> <p>Teorema Pi de Buckingham:</p> $k = n - j$ <p>Si en este paso, o durante algún paso subsecuente, el análisis no funciona, verifique que haya incluido suficientes parámetros en el paso 1. De otro modo, regrese y reduzca j por uno e intente de nuevo.</p>
Paso 4	<p>Elija los j parámetros repetitivos que usará para construir cada P. Dado que los parámetros repetitivos tienen el potencial para aparecer en cada π; cerciórese de elegirlos atinadamente (tabla 7-3).</p>
Paso 5	<p>Genere las π una a la vez mediante el agrupamiento de los j parámetros repetitivos con uno de los parámetros restantes, y fuerce el producto a ser adimensional. De esta manera, construya todas las $k\pi'$s. Por costumbre, la primera π, designada π_1, es la π dependiente (la que está al</p>

	lado izquierdo de la lista). Utilice las π como sea necesario para lograr establecer grupos adimensionales (tabla 7-5).
Paso 6	Verifique que todas las π de hecho sean adimensionales. Escriba la relación funcional final en la forma $\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_k)$.

Fuente: (Cengel & Cimbala, 2006)

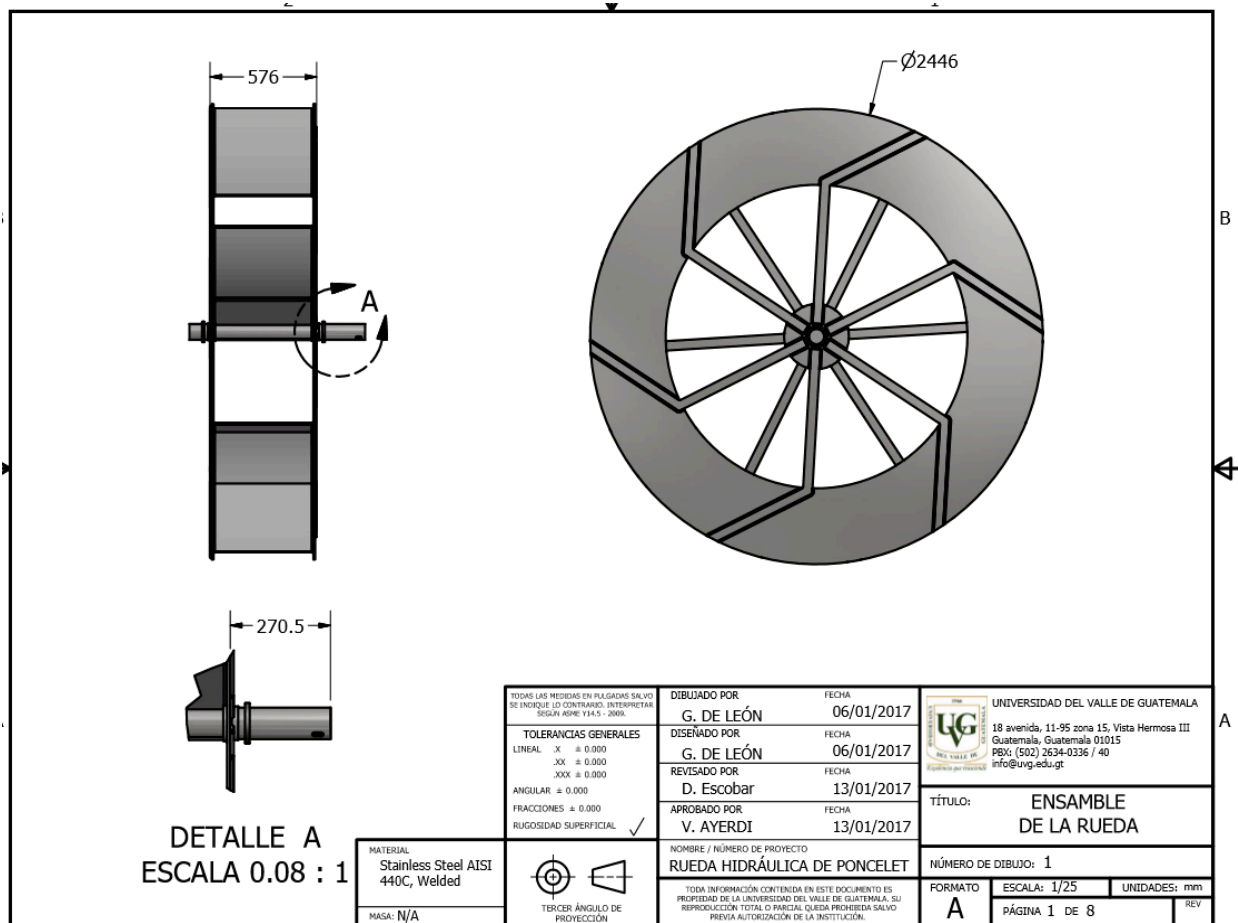
Lineamientos para elegir parámetros repetitivos en el paso 4 para el método de repetición de variables

Lineamiento 1	Nunca tome la variable dependiente. De otro modo, podría aparecer en todas las π , lo que es indeseable.
Lineamiento 2	Los parámetros repetitivos elegidos no deben ser susceptibles de formar ellos mismos un grupo adimensional. De otro modo, sería imposible generar el resto de las π .
Lineamiento 3	Los parámetros repetitivos elegidos deben representar todas las dimensiones primarias en el problema.
Lineamiento 4	Nunca escoja parámetros que ya sean adimensionales. Estos ya son π , por su cuenta.
Lineamiento 5	Nunca escoja dos parámetros con las mismas dimensiones o con dimensiones que difieran sólo por un exponente.
Lineamiento 6	Siempre que sea posible, elija constantes dimensionales sobre las variables dimensionales, de modo que solo una π contenga la variable dimensional.
Lineamiento 7	Escoja parámetros comunes porque ellos aparecen en cada una de las π .
Lineamiento 8	Escoja parámetros simples sobre los parámetros complejos siempre que sea posible.

Fuente: (Cengel & Cimbala, 2006)

F. PLANOS DE RUEDA HIDRÁULICA DE PONCELET



Ensamble de la rueda



Fuente: Elaboración propia

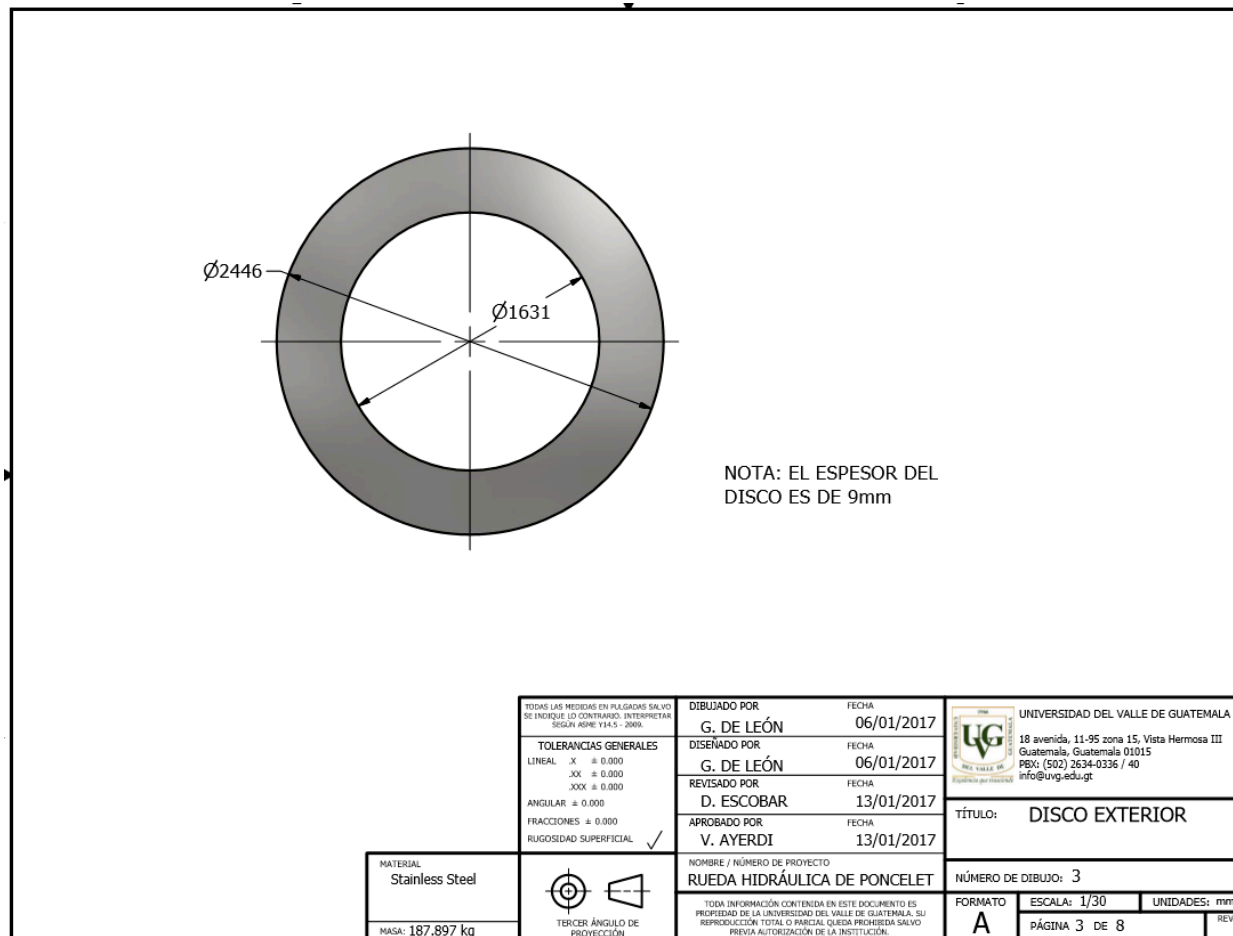
Identificación de partes

LISTADO DE PARTES		
ID	CANTIDAD	NOMBRE PIEZA
1	2	DISCO EXTERIOR
3	12	ANCLAJE
4	2	DISCO INTERIOR
5	1	EJE
6	2	RODAMIENTOS
7	7	PALETAS

<small>TODAS LAS MEDIDAS EN PLAGUAS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009.</small>		DIBUJADO POR G. DE LEÓN		FECHA 06/01/2017		 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 Pbx: (502) 2634-0336 / 40 info@uvgu.edu.gt
TOLERANCIAS GENERALES LINEAL X ± 0.000 XX ± 0.000 XXX ± 0.000 ANGULAR ± 0.000 FRACCIONES ± 0.000 RUGOSIDAD SUPERFICIAL ✓		DISEÑADO POR G. DE LEÓN		FECHA 06/01/2017		
		REVISADO POR D. ESCOBAR		FECHA 13/01/2017		
		APROBADO POR V. AYERDI		FECHA 13/01/2017		
MATERIAL Stainless Steel AISI 440C, Welded MASA: N/A		 TERCER ÁNGULO DE PROYECCIÓN		NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO RUEDA HIDRÁULICA DE PONCELET		TÍTULO: IDENTIFICACIÓN DE PARTES
		<small>TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.</small>		NÚMERO DE DIBUJO: 2		FORMATO A
				ESCALA: 1/25		UNIDADES: mm
				PÁGINA 2 DE 8		REV

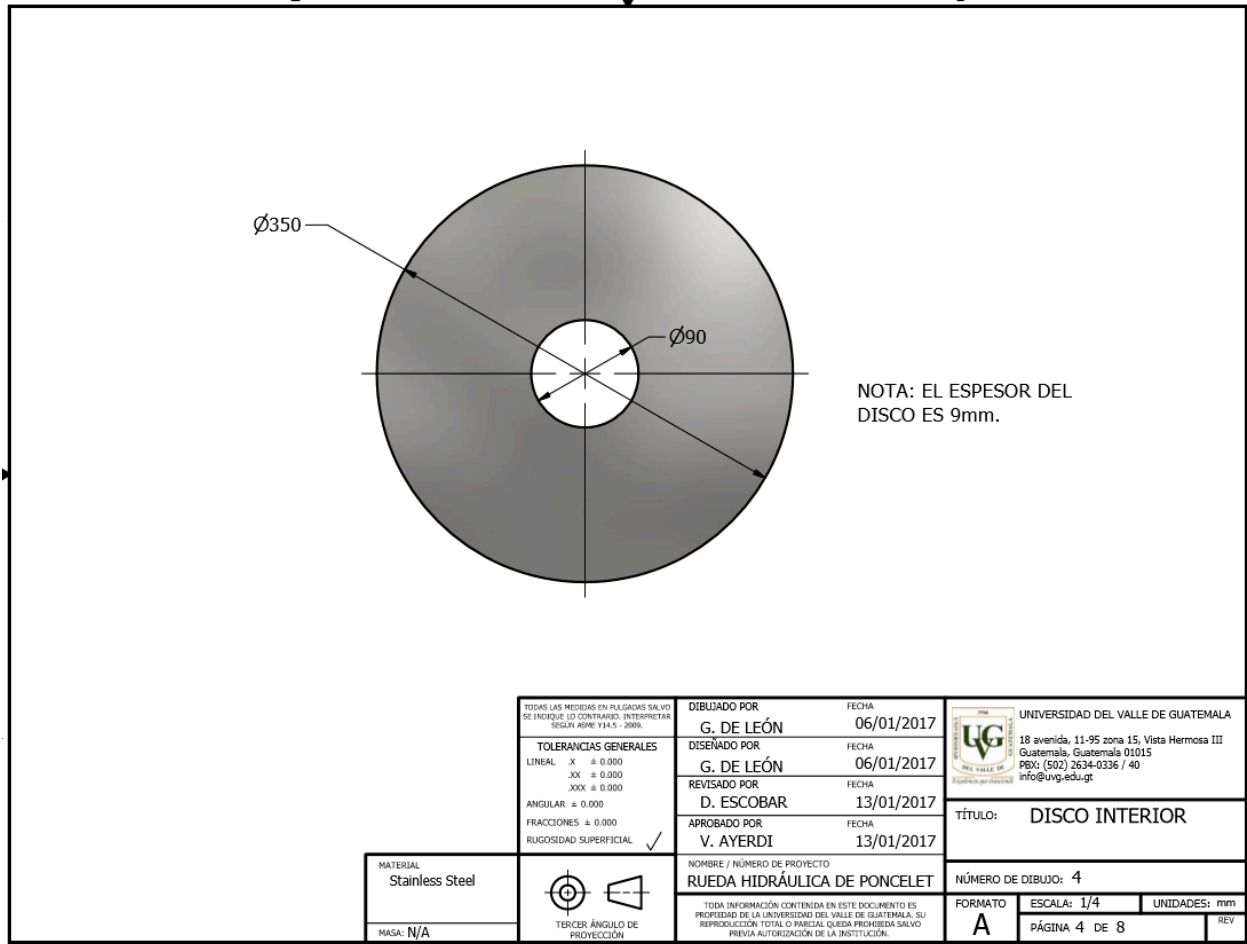
Fuente: Elaboración propia

Disco Exterior



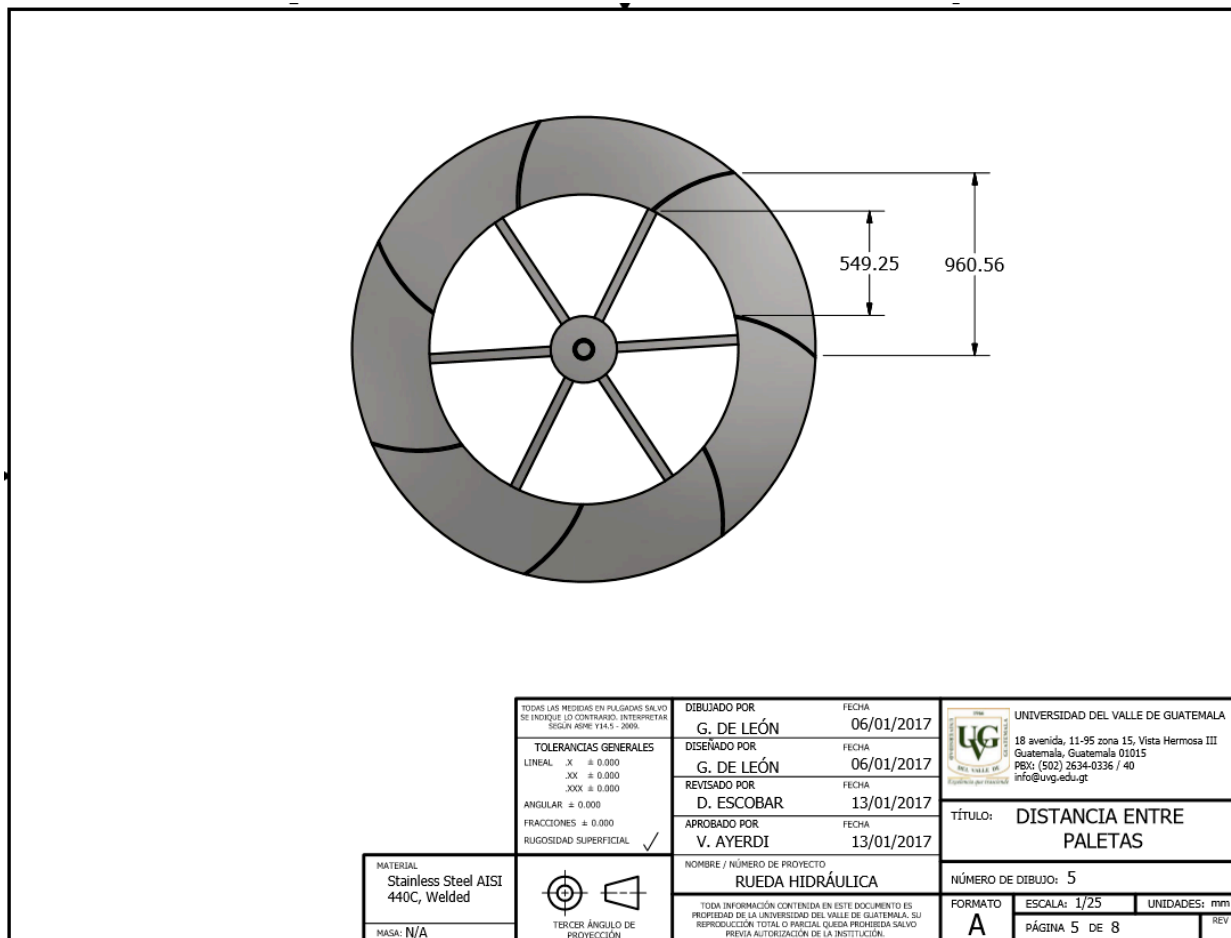
Fuente: Elaboración propia

Disco Interior



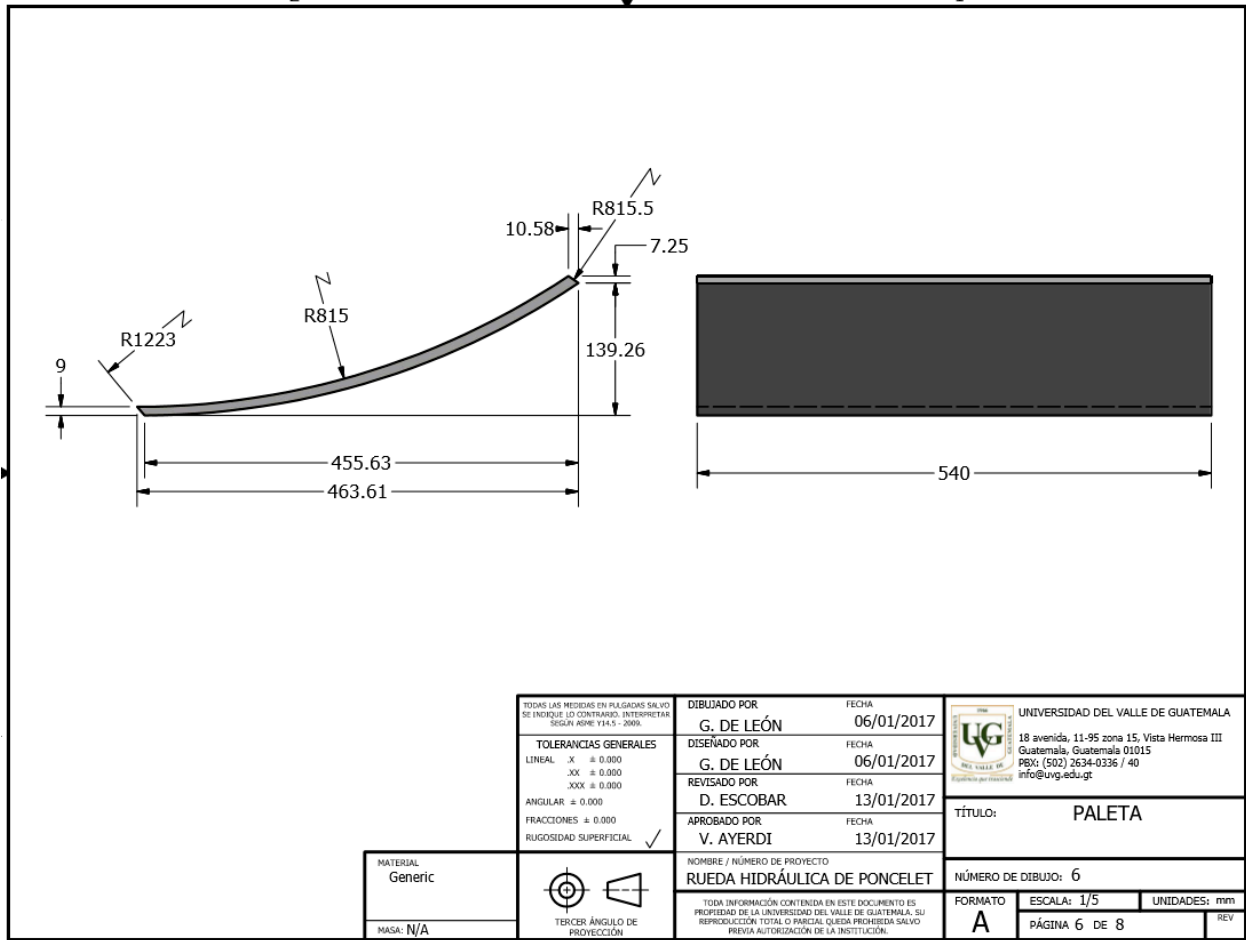
Fuente: Elaboración propia

Distancia entre paletas



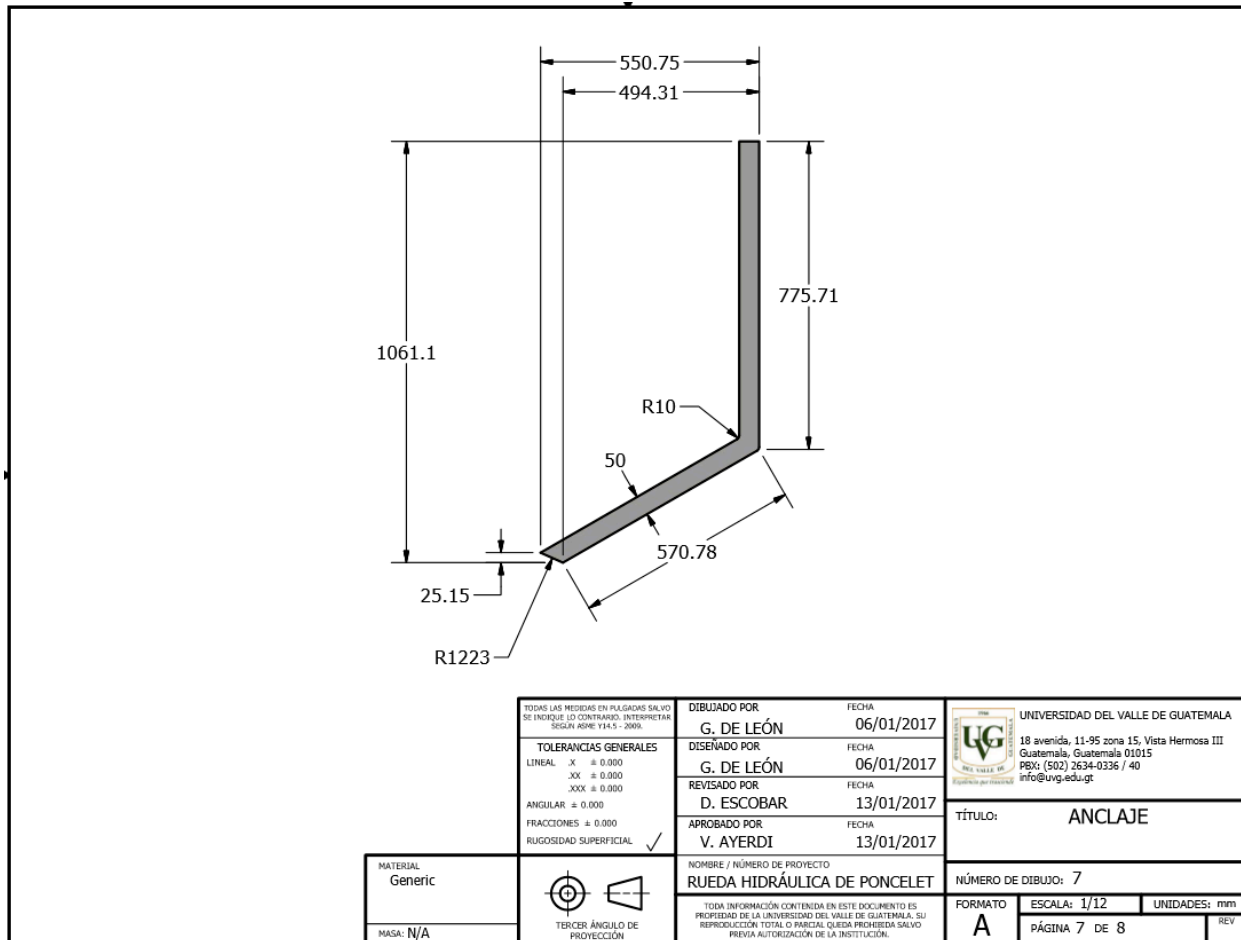
Fuente: Elaboración propia

Paleta



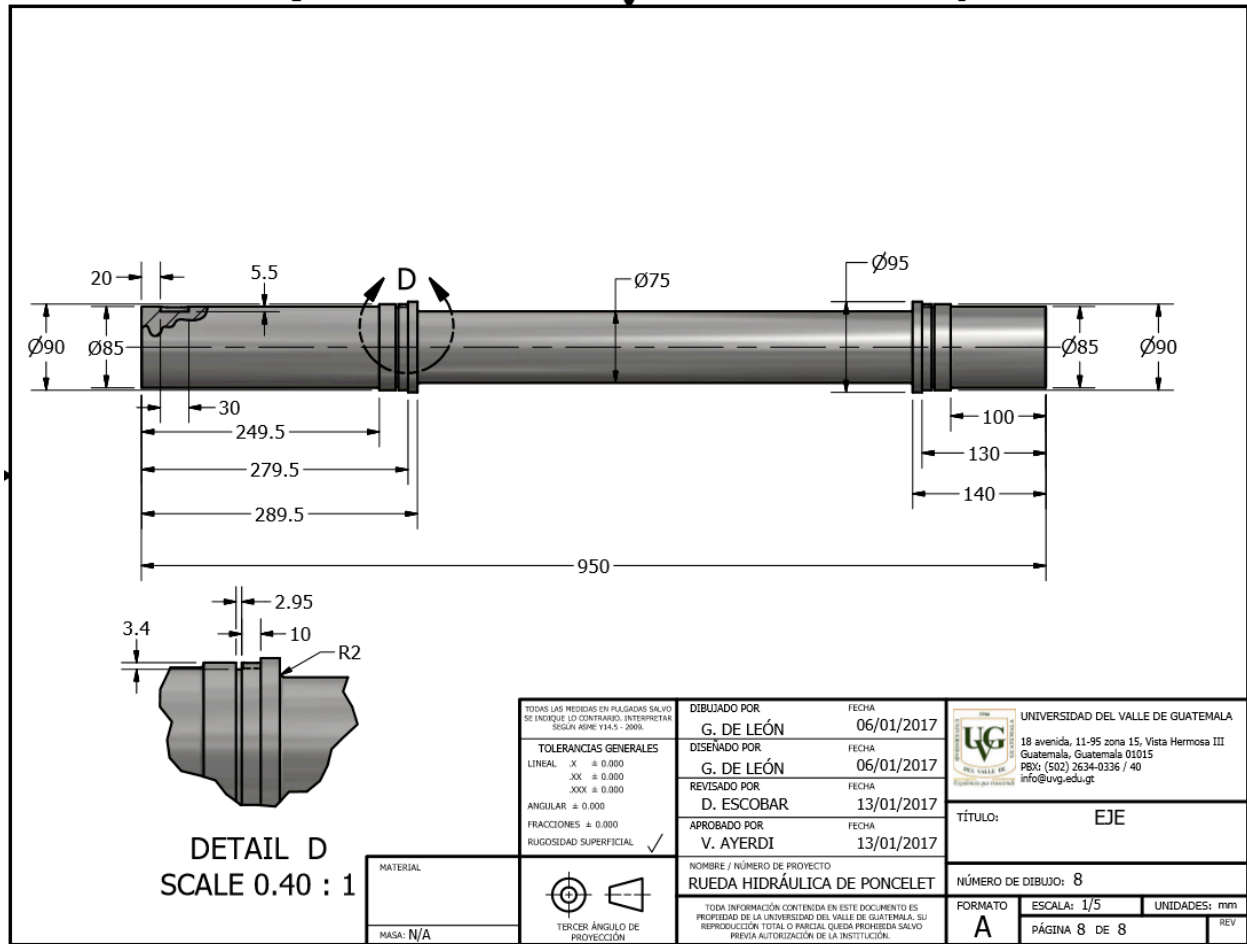
Fuente: Elaboración propia

Anclaje



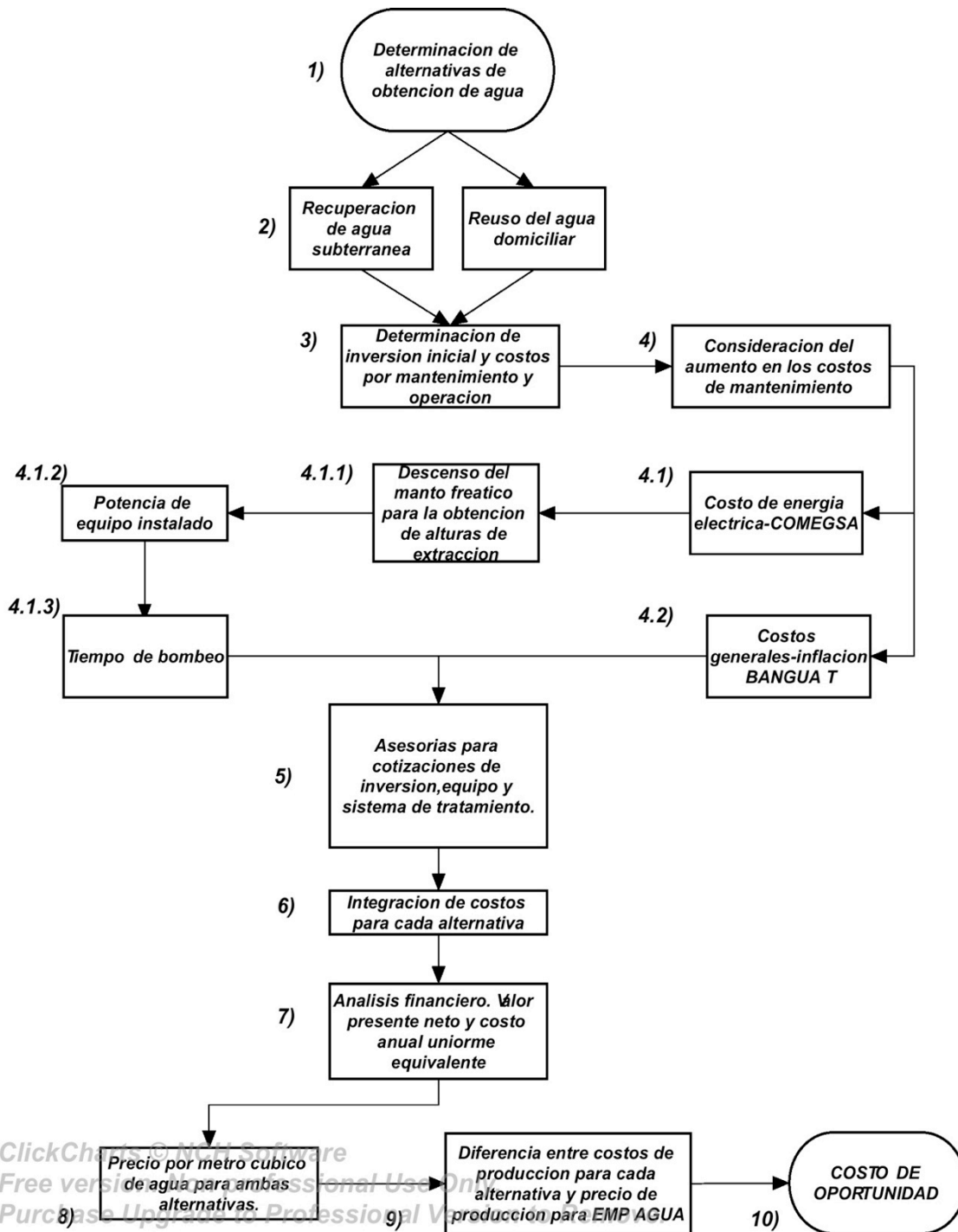
Fuente: Elaboración propia

Eje



Fuente: Elaboración propia

G. Metodología del cálculo del costo de oportunidad de la calidad del agua



• DIAGRAMA DE FLUJO DE METODOLOGÍA

Fuente: Elaboración propia

RITMO INFLACIONARIO BANGUAT 1996-2015

**INFLACION TOTAL
RITMO INFLACIONARIO
AÑOS 1996 - 2016
PORCENTAJES**

Periodo	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	9.76	10.80	7.29	6.29	5.27	6.05	8.85	6.20	6.21	9.04	8.08	6.22	8.39	7.88	1.43	4.90	5.44	3.86	4.14	2.32
Febrero	10.83	12.66	5.45	5.17	6.62	5.99	9.01	6.00	6.26	9.04	7.26	6.62	8.76	6.50	2.48	5.24	5.17	4.18	3.50	2.44
Marzo	11.48	11.51	6.11	3.99	8.28	5.42	9.13	5.78	6.57	8.77	7.28	7.02	9.10	5.00	3.93	4.99	4.55	4.34	3.25	2.43
Abril	11.95	10.13	6.94	3.47	9.07	4.87	9.25	5.67	6.65	8.88	7.48	6.40	10.37	3.62	3.75	5.76	4.27	4.13	3.27	2.58
Mayo	11.02	9.61	7.32	3.73	7.36	6.05	9.31	5.56	7.27	8.52	7.62	5.47	12.24	2.29	3.51	6.39	3.90	4.27	3.22	2.55
Junio	10.34	8.97	7.43	4.22	7.23	6.30	9.14	5.24	7.40	8.80	7.55	5.31	13.56	0.62	4.07	6.42	3.47	4.79	3.13	2.39
Julio	11.60	7.98	7.27	5.22	6.14	6.97	9.10	4.65	7.64	9.30	7.04	5.59	14.16	-0.30	4.12	7.04	2.86	4.74	3.41	2.32
Agosto	12.03	8.05	6.31	6.03	4.71	8.79	7.73	4.96	7.66	9.37	7.00	6.21	13.69	-0.73	4.10	7.63	2.71	4.42	3.70	1.96
Septiembre	11.77	8.33	5.49	6.79	4.29	8.99	7.10	5.68	8.05	9.45	5.70	7.33	12.75	0.03	3.76	7.25	3.28	4.21	3.45	1.88
Octubre	10.64	8.48	4.97	7.57	3.84	9.47	6.60	5.84	8.64	10.29	3.85	7.72	12.93	-0.65	4.51	6.65	3.35	4.15	3.64	2.23
Noviembre	10.44	7.66	7.35	5.15	4.17	9.51	6.34	5.84	9.22	9.25	4.40	9.13	10.85	-0.61	6.05	5.25	3.11	4.63	3.38	2.51
Diciembre	10.85	7.13	7.48	4.92	5.08	8.91	6.33	5.85	9.23	8.57	5.79	8.75	9.40	-0.28	5.39	6.20	3.45	4.39	2.95	3.07

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

- DESARROLLO DEL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

	Periodo (X)	Variación (Y)		Año*Variación (XY)	Año^2 (X^2)
	1996	0.10		199.60	3984016
	1997	-0.33		-659.01	3988009
	1998	0.02		39.96	3992004
	1999	-0.12		-239.88	3996001
	2000	-0.02		-40.00	4000000
	2001	0.26		520.26	4004001
	2002	-0.23		-460.46	4008004
	2003	-0.03		-60.09	4012009
	2004	0.27		541.08	4016016
	2005	-0.04		-80.20	4020025
	2006	-0.21		-421.26	4024036
	2007	0.23		461.61	4028049
	2008	0.09		180.72	4032064
	2009	-0.74		-1486.66	4036081
	2010	0.36		723.60	4040100
	2011	0.12		241.32	4044121
	2012	-0.18		-362.16	4048144
	2013	0.05		100.65	4052169
	2014	-0.11		-221.54	4056196
	2015	0.07		141.05	4060225
Σ (sumatoria)	40110.00	-0.44	Σ	-881.41	80441270.00
\bar{x} (promedio)	2005.5	-0.022			

$m=$	0.001518797		$b= y_{promedio}-mx_{promedio}$	-3.067947368
$\Sigma xy=$	-881.41		$y_{promedio}=$	-0.022
$\Sigma x=$	40110.00		$x_{promedio}=$	2005.5
$\Sigma y=$	-0.44			
$n=$	20			
$\Sigma x^2=$	80441270.00			
$(\Sigma x)^2=$	1608812100			
ECUACIÓN	$y=$	0.001518797	x	$+ -3.067947$

Fuente: Elaboración propia

RECUPERACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA



Empresa del Grupo **Aqua Corp**

5. FORMA DE PAGO:

La forma de pago consistirá en un anticipo del 60%, un segundo pago de 20% luego de entubar el pozo y el restante 20% al finalizar los trabajos de campo.

Los Valores Unitarios cotizados para el presente pozo son los siguientes:

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1.0	Movilización, traslado de herramientas, suministro de insumos de perforación y otros materiales en obra.	Unidad	1.00
2.0	Montaje y desmontaje de maquinaria. Acondicionamiento de plataforma de perforación.	Unidad	1.00
3.0	Perforación de pozos. Incluye perforación en diámetro que permita instalación de tubería de 8".	Pie.	1,000.00
4.0	Suministro de tubería Lisa de 8". En acero al carbón bajo la norma ASTM A53 grado B y un espesor de 0.250.	Pie	700.00
5.0	Suministro de tubería con Ranura Vertical de Fábrica de 8". En acero al carbón bajo la norma ASTM A53 grado B y calibre 0.250.	Pie	300.00
6.0	Colocación de Tubería de 8 pulgadas (proceso de entubado). Incluye la preparación de la tubería.	Pie.	1,000.00
7.0	Empaque de grava de canto rodado. Incluye el traslado y colocación de empaque de grava de canto rodado y calibre seleccionado.	Filtro	1.00
8.0	Desarrollo y limpieza del pozo por medios mecánicos.. Incluye limpieza mecánica con pistón y cubetas para la extracción de sólidos, agitación del acuífero y consolidación del empaque de grava.	Hora.	70.00
9.0	Sello Sanitario de Cemento.	Unidad	1.00
10.0	Prueba de bombeo de 24 horas. Incluye traslado de equipos adecuados, accesorios y operador. Se prevee utilizar el equipo de bombeo ideal para el diámetro del pozo.	Unidad	1.00
11.0	Análisis físico-químico del agua. Incluye el transporte de la muestra al laboratorio en ciudad de Guatemala.	Unidad	1.00

El precio especial con IVA INCLUIDO por los trabajos es de:

US\$ 64,332.19

Para la realización de los pagos se procederá de la siguiente forma:


- Para el cobro del anticipo, se entregará la factura por el monto pactado para el anticipo, y el pago efectivo deberá hacerse al menos una semana previa al movimiento de la perforadora.
- El pago del 20% luego de entubar, también se entregará factura por el monto y éste debe realizarse a más tardar 1 semana luego que dicha actividad sea realizada.
- El pago final debe ser pagado a más tardar 15 días después de finalizado el trabajo, también se entregará factura por el monto final del pago.

• Calzada La Paz 8-90 Zona 5. Guatemala, C.A • PBX: (502) 2382-5000 • FAX: (502) 2472-1013

www.dahopozos.com

• **COTIZACIÓN REFERENTE A LA INVERSIÓN INICIAL DEL POZO**

• **COTIZACIÓN REFERENTE A LA INVERSIÓN INICIAL DEL EQUIPO DE BOMBEO**



AQUASISTEMAS
TECNOLOGÍA Y CONFORT EN AGUA

Guatemala, 29 de SEPTIEMBRE de 2016


Atención: MARIO TORRES
Nit:

**POR ESTE MEDIO PRESENTAMOS PARA SU CONSIDERACIÓN EL PRESUPUESTO REFERENTE A:
BOMBA SUMERGIBLE MARCA APEC CON MOTOR FRANKLIN ELECTRIC DE 40 HP PARA POZO
MECANICO**

EQUIPO PARA LA CORRECTA INSTALACION DE BOMBA SUMERGIBLE.

CANT	EQUIPO	PRECIO
✓ 1 0.00	- BOMBA SUMERGIBLE APEC 30 HP SP30-15 6"	Q11,275.00
✓ 1 0.00	- MOTOR SUMERGIBL 40 HP FRANKLIN 6"	Q26,775.00
✓ 195 0.00	-CABLE SUMERGIBLE 3 x 4, 2FORRO, METRO	Q24,570.00
✓ 4 0.00	- TORNILLO INOX. P/ANCLA BOMBA/MOTOR	Q40.00
✓ 1 0.00	- COLLARIN 3" GRADO A	Q485.00
✓ 1 0.00	-GABINETE METALICO T1 20X40X50 cms. C/LLA	Q 760.00
✓ 1 0.00	-SUPRESOR DE PICOS TRIFASICO 460V	Q380.00
✓ 1 0.00	- SUBMONITOR STANDARD	Q4,980.00
✓ 1 0.00	- LUZ PILOTO G.E. VERDE LED MULTIVOLT	Q40.00
✓ 2 0.00	- CHEQUE RESORTE HxH 3" #7938 FLOMATIC	Q3,500.00
✓ 1 0.00	- VALVULA DE ESFERA 3"	Q1,182.5968
✓ 1 0.00	- SELECTOR 22MM. 3 POSICIONES	Q145.00
✓ 1 0.00	- MANOMETRO AMORTIGUADO 0-200 PSI	Q110.00
✓ 30 0.00	- TUBOS HG DE 3" T MEDIANO	Q29,250.00
✓ 1 0.00	- Flipon Industrial marca Chint 3x125 amp	Q660.00
✓ 1 0.00	- Tranformador mando 240 a 480 entrada 100 VA	Q525.00
✓ 1 0.00	- Tee de 3" Tipo Pesado	Q405.00
✓ 1 0.00	- Niple de 3x6 Tipo Pesado	Q255.00
✓ 1 0.00	- Flete para ir a dejar tubería HG de 3" Milpas Altas	Q2,250.00
✓ 1 0.00	- SERVICIO DE GRUA	Q 5,400.00
✓ 1 0.00	- CONTACTOR FURNAS 3X60 A 460V	Q 806.4560
✓ 610 0.00	- LINEA DE AIRE P/POZO	Q915.00
✓ 1 0.00	- MANO DE OBRA	Q4,500.00
✓ 1 0.00	- S032 MANO DE OBRA POR CABLEADO ELECTRICO	Q350.00
✓ 1 0.00	-M005 ACCESORIOS VARIOS PARA INSTALACION	<u>Q3,100.00</u>

PRECIO FINAL DE EQUIPO SUMERGIBLE Q122, 659.05



AQUASISTEMAS
TECNOLOGÍA Y CONFORT EN AGUA

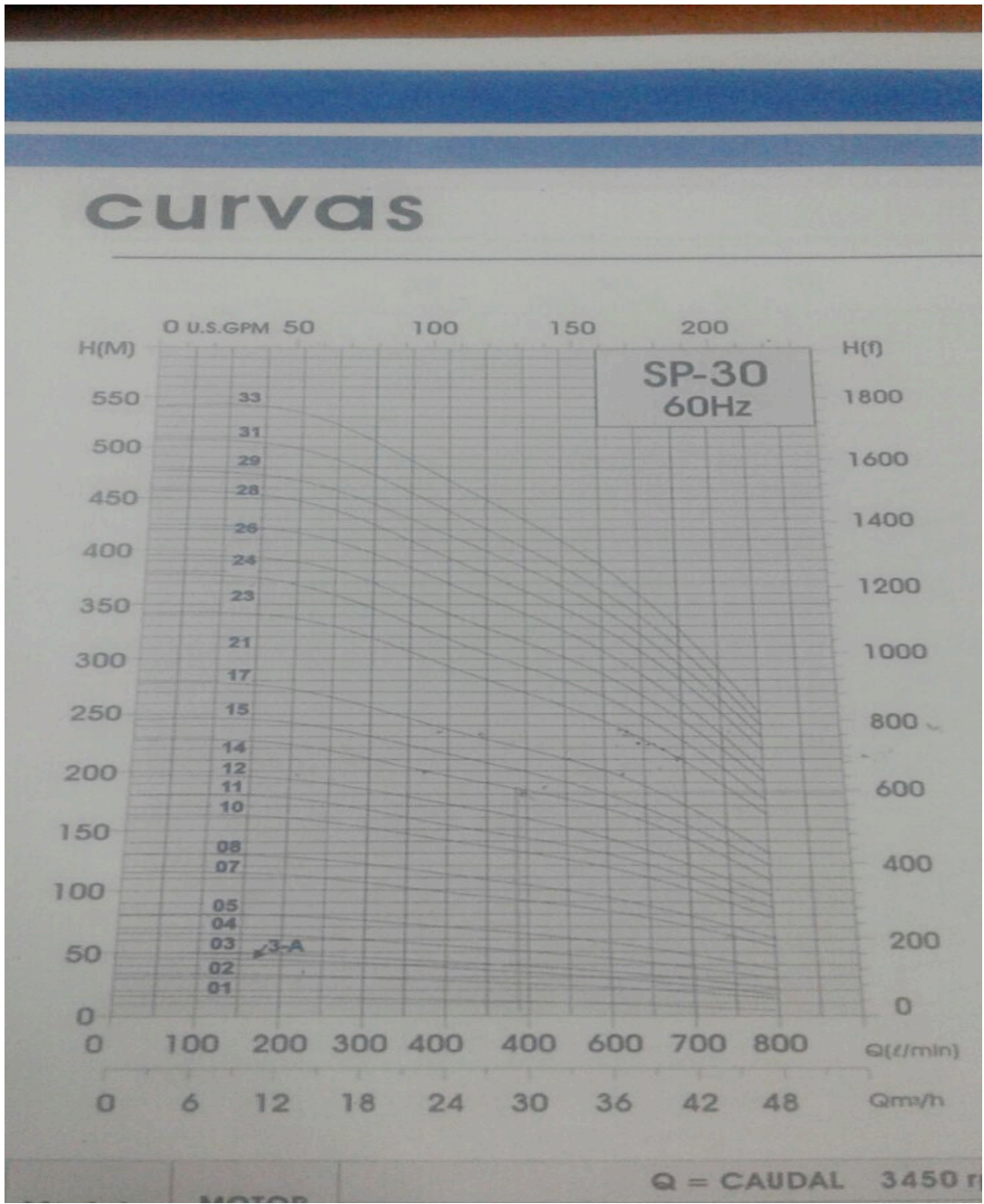
41 CALLE 6-55 ZONA 8 LOCALES B Y C
PBX: (502) 2987-5500 - www.aquasistemas.com.gt

COTIZACIÓN		0000020128		Fecha: 26/10/2016	
Cliente:		MARIO TORRES		Asesor: LUIS ELÍAS	
Dirección:				Teléfono:	
Vigencia Cotiz:				Forma Pago:	

CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	UNITARIO	C/DESCUENTO	IMPORTE
1	0.00 - 004244	BOMBA SUMERGIBLE APEC 25 HP SP30-14 6"	9,320.000000	9,320.00	9,320.000000
1	0.00 - 004251	BOMBA SUMERGIBLE APEC 40 HP SP30-21 6"	13,335.000000	13,335.00	13,335.000000

Nota: en la primera cotización se elimina el rubro de bombeo presentado y se incorpora el valor de la bomba

- CURVAS DE RENDIMIENTO



Fuente: (Cengel & Cimbala, 2006)

- CÁLCULO DE CONSUMO ANUAL DE AGUA Y EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE TIEMPO DE BOMBEO PARA EL 2017

Dotación diaria por persona=	150	L/hab/dia
Número de habitantes por vivienda=	5	hab
Días en un año=	365	días
Consumo anual=	273750	L
Consumo anual (volumen de agua requerido)=	72420.63	gal
Caudal de extracción=	200.0000	gpm
Tiempo de bombeo en el año 2017=	362.10	min
	6.04	h

Fuente: Elaboración propia.

- OBTENCIÓN DEL COSTO DE BOMBEO PARA EL AÑO 2017

Costo de KWh...y=(0.01803564*x-34.92)=	1.46	Q/KWh
x=	2017	
Tiempo de bombeo para año 2017=	6.04	h
Potencia de bomba de 25 hp=	18.50	KW
Costo de bombeo para un mes= Costo KWh*Tiempo de bombeo*Potencia del equipo instalado	162.77	Q

Fuente: Elaboración propia.

- MANTENIMIENTO ASOCIADO AL POZO

RUBRO "A": Maquinaria y mano de obra técnica:

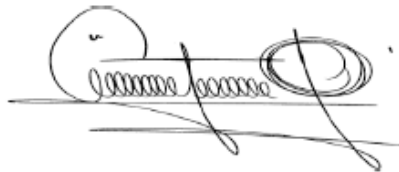
Detalle de actividades a realizar:	Valor
Movilización de maquina tipo grúa al proyecto.	Q 900.00
Extracción con grúa, de un equipo sumergible de 30HP con 35 tubos de 3"x20'	Q 4,000.00
Movilización de camión con equipo de video sumergible al proyecto	Q 500.00
Inspección con cámara de video sumergible.....(para verificar interior de pozo mecánico)	Q 6,500.00
25 Horas de limpieza mecánic..... (Cepillado, Extracción de relleno, Succión y Cubeteo)	Q 15,000.00
Mano de obra técnica por revisión, limpieza y pruebas a equipo sumergible en taller	Q 500.00
Mano de obra técnica por empalme, instalación, arranques y pruebas de equipo sumergible	Q 1,500.00
Reinstalación con grúa, de un equipo sumergible de 30HP con 35 tubos de 3"x20'	Q 4,000.00
1 Análisis fisicoquímico y microbiológico al agua del pozo.....(resultados en 8 días)	Q 1,000.00
04 Galones de floculante.....(para inspección con cámara de video sumergible)	Q 900.00

Sub-total de rubro "A": Q 37,800.00

VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO

Sub-total de la propuesta:	Q 37,800.00
Descuento:	Q 1,800.00
Total de la propuesta:	Q 36,000.00

Atentamente:



ESTUARDO RUANO

Móvil: 4212-1766 // PBX: 2382-5050

Asesor Técnico De Ventas // Servipozos De Centroamérica, S.A.

Soluciones Hidráulicas Integrales

www.servipozos.com

• 27 Calle Final 36-11 Zona 5 Guatemala, Ciudad • PBX 2382-5050 • FAX 2335-5224

- AUMENTO DEL COSTO DE MANTENIMIENTO DEL POZO PARA EL AÑO 2019

Costo de mantenimiento para el año 2019, $y = (((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de mantenimiento})^{-1}$	Q37,684.80
Año=	2019
Valor de mantenimiento=	36000
Viviendas capaces de ser abastecidas=	292
Costo de mantenimiento para el año 2019 unitario= Costo global/viviendas capaces de ser abastecidas	Q129.06

Fuente: Elaboración propia.

- **CÁLCULO DEL COSTO POR UTILIZACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70% (VALOR INICIAL) Y COSTO DE LA UTILIZACIÓN DE HIPLOCORITO DE CALCIO AL 70%**

Peso de cloro requerido anualmente=	782.14	gramos
Volumen de agua=	273750	L
Dosis de cloro=	2.00	mg/L
Concentración del cloro granulado=	70.00	%
Costo de cubeta de 45 kg de hipoclorito de calcio=	Q1,050.00	cubeta de 45 kg
Costo por kilogramo de cloro=	Q23.33	/kg
Costo por la utilización de hipoclorito de calcio al 70% anual = Peso del cloro requerido anualmente * Costo por kg de cloro	Q18.25	

- **PARA EL AÑO 2017**

Costo de utilización de hipoclorito de calcio al 70% para el año 2017, $y = (((0.0016 * \text{Año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de mantenimiento})^{-1}$	Q19.05
Año=	2017
Costo de utilización de hipoclorito de calcio al 70% anual (valor de mantenimiento=	Q18.25

Fuente: Elaboración propia.

FLUJO DE CAJA PARA LA RECUPERACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

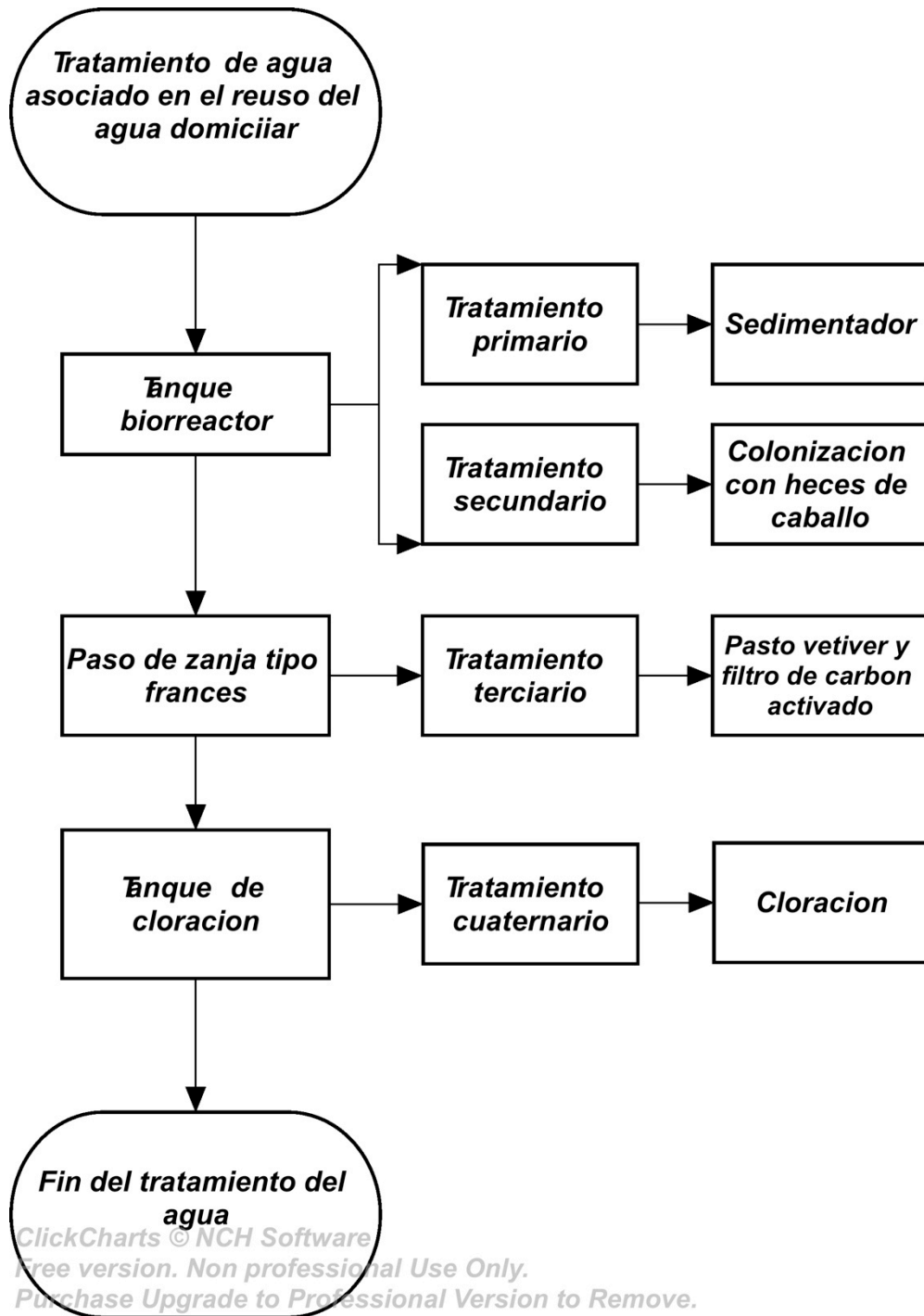
Flujo unitario de caja para la recuperación de agua subterránea

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
Inversión Inicial																						
Pozo	Q1,655.64	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Equipo de bombeo	Q413.37	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q145.55	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Tanque	Q7,000.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Costos anuales																						
Costo de mantenimiento y operación	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q129.06	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q130.24	Q0.00	Q130.83	Q0.00	Q0.00	Q131.42	Q0.00	Q0.00	Q132.02	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Costo de bombeo	Q0.00	Q162.77	Q178.15	Q190.63	Q200.97	Q221.59	Q244.55	Q299.77	Q337.51	Q415.85	Q304.21	Q342.71	Q360.88	Q378.27	Q397.01	Q409.06	Q442.24	Q466.37	Q516.37	Q552.53	Q552.53	Q552.53
Hipoclorito de calcio al 70%	Q0.00	Q19.05	Q19.07	Q19.10	Q19.13	Q19.16	Q19.19	Q19.22	Q19.25	Q19.28	Q19.31	Q19.34	Q19.37	Q19.40	Q19.43	Q19.45	Q19.48	Q19.51	Q19.54	Q19.57	Q19.60	Q19.60

Fuente: Elaboración propia

REUSO DEL AGUA DOMICILIAR

- Diagrama de flujo del tratamiento asociado en el reuso del agua domiciliar



Fuente: Elaboración propia

• INVERSIÓN INICIAL PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO
COTIZADO POR LA EMPRESA AGUA LIMPIA

Guatemala, 31 de octubre de 2,016

Ref: AL- 10-102014
Cotización ET.Ptrs

Señores
Mario Rolando Torres
Estudiante de Ing. Civil
Presente



Att. E-mail: Mario R. Torres

ASUNTO: Cotización de trabajos para una Ptar domiciliar biorreactor de flujo ascendente tipo anaeróbica, como primaria y secundaria. Terciaria y cuaternaria para llegar a consumo humano.

ESTUDIOS, ASESORÍA Y TRATAMIENTOS, PARA:
 AGUA POTABLE

Estimado Sr. Torres:

AGUAS RESIDUALES

Por medio de la presente hago llegar una propuesta como cotización para procesar las aguas negras o residuales hasta llegar a consumo humano.

DESECHOS SÓLIDOS

Para tal efecto la propuesta incluye varios pasos:

MITIGACIÓN

1. Un biorreactor de flujo ascendente tipo anaeróbico como tratamiento primario y secundario. Por tal razón le mando la propuesta primaria.

CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO INGENIERIA SANITARIA

Tratamiento Primario y secundario	
Tanque biorreactor (\$1200)	Q 9,017.82
Costo de excavación 1 hora máquina	Q 400.00

ARQUITECTURA

URBANISMO

- DETALLE DE MATERIALES ADICIONALES EN LA INVERSIÓN INICIAL EN EL REUSO DEL AGUA DOMICILIAR COTIZADOS POR CUENTA PROPIA

CODO 90° PVC
Campana cementada



CÓDIGO	DIÁMETRO	PRECIO
908582	1/2"	Q. 1.90
908585	3/4"	Q. 3.20
908579	1"	Q. 7.30
908581	1 1/4"	Q. 9.30
908580	1 1/2"	Q. 10.20
909889	2"	Q. 15.90
908583	2 1/2"	Q. 80.30
908584	3"	Q. 83.60
908586	4"	Q. 98.20
909881	5"	Q. 426.60
909882	6"	Q. 497.30

TEE PVC
Campana cementada



CÓDIGO	DIÁMETRO	PRECIO
914355	1/2"	Q. 2.50
914360	3/4"	Q. 3.80
914363	1"	Q. 7.30
914367	1 1/4"	Q. 11.90
914369	1 1/2"	Q. 20.10
914371	2"	Q. 22.10
914373	2 1/2"	Q. 74.60
914376	3"	Q. 91.30
914352	4"	Q. 151.70
914357	5"	Q. 593.30
914359	6"	Q. 978.70

TUBERÍA PARA
AGUA POTABLE



DIÁMETRO NOMINAL Tubo 6 m. con campana	315 PSI, SDR 13.5	250 PSI, SDR 17	160 PSI, SDR 26	125 PSI, SDR 32.5	100 PSI, SDR 41	80 PSI, SDR 51
1/2"	915076 Q. 43.00					
3/4"		915098 Q. 52.00				
1"		915105 Q. 83.00	915176 Q. 71.00			
1 1/4"		915116 Q. 132.00	915189 Q. 90.00	915248 Q. 83.00		
1 1/2"		915119 Q. 172.00	915194 Q. 125.00	915253 Q. 96.00	915313 Q. 95.00	
2"		915121 Q. 270.00	915198 Q. 182.00	915258 Q. 146.00	915321 Q. 120.00	915354 Q. 107.00
2 1/2"		915126 Q. 419.00	915205 Q. 280.00	915261 Q. 228.00	915326 Q. 184.00	915355 Q. 168.00
3"		915131 Q. 594.00	915210 Q. 397.00	915266 Q. 340.00	915331 Q. 255.00	915356 Q. 205.00
4"		916472 Q. 963.00	915155 Q. 655.00	915218 Q. 532.00	915276 Q. 424.00	915337 Q. 336.00
5"		915089 Q. 1,616.00	915161 Q. 1,081.00	915223 Q. 871.00	915283 Q. 701.00	915339 Q. 568.00

CEMENTO PROGRESO GRIS SACO



Precio: **Q78.00**

SKU: SCB

Marca: CEMENTOS PROGRESO

Peso: 1.00 LBS

Envío: Calculado en el pago

Quantity: [add to cart](#)

[Recommend](#) Be the first of your friends to recommend this.

BLOCK DE CEMENTO DE 14X19X39



Precio: **Q5.00**

SKU: BLOCK01

Peso: 3.00 LBS

Envío: Calculado en el pago

Quantity: [add to cart](#)

[Recommend](#) Be the first of your friends to recommend this.

	CONCRETO			Precio
C49	2500 P.S.I.	METRO 3	OBRA	Q1,098.43

- INVERSIÓN INICIAL ASOCIADA AL TRATAMIENTO TERCIARIO PARA EL REUSO DEL AGUA DOMICILIAR

2. Una zanja tipo drenaje francés, recubierta de plástico, con relleno de tierra negra y carbón regado, y en la superficie siembra de pasto Vetiver, como tratamiento terciario.
Esta cotización será solo de asesoría ya que usted cotizará por su lado.

Tratamiento terciario- paso de zanja tipo drenaje francés		
Excavación (2 horas máquina)	Q	800.00
Pasto vetiver	Q	900.00
Carbón Negro	Q	460.00
Tierra negra	Q	2,073.60
Geomembrana 12 m ²	Q	428.00
Total	Q	4,661.60

- INVERSIÓN INICIAL ASOCIADA AL TRATAMIENTO CUATERNARIO PARA EL REUSO DEL AGUA DOMICILIAR

3. Un tanque de cloración con rebalse este pasará a otro tanque de distribución

Tratamiento cuaternario – tanque de cloración y de rebalse	
A. Tanque 2.5 m ³	Q. 4,940.00

B.

No Incluye: cualquier trabajo adicional para poner a trabajar la planta con la mayor eficiencia si fuera necesario es de otra índole por lo cual es otra cotización.

Nuestra oferta está basada en los precios de materiales, mano de obra, transporte, combustibles, impuestos, leyes y decretos vigentes al día de

- hoy, cualquier cambio en éstos nos obligará a recalcular esta oferta, trasladando el costo adicional al cliente.
- Conforme el Artículo 10 del Decreto No. 60-94 del Congreso de la República, el Impuesto al Valor Agregado (IVA) está incluido en nuestro precio.
- No se ha contemplado en el precio final el costo de contratación, licencias, permisos, fianzas, seguros ni cualquier rubro que no se especifique

Forma de pago, 60% de anticipo y resto contra entrega de la documentación del estudio, podemos firmar un contrato de cumplimiento si el cliente así lo desea.

Atentamente:

José Luis Castillo Ramírez
Administración
Agua Limpia S.A.

- CÁLCULO DEL AUMENTO EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO DEL BIORREACTOR PARA EL AÑO 2017

Valor de mantenimiento del biorreactor=	Q300.00
Costo del mantenimiento del biorreactor semanal= $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de mantenimiento} * -1$	Q313.08
año=	2017
Semanas en el año=	52
Costo del mantenimiento del biorreactor anual= Costo del mantenimiento semanal * Semanas en el año	Q16,280.16

Fuente: Elaboración propia.

- PROYECCIÓN DEL AUMENTO EN EL COSTO DEL PASTO VETIVER PARA EL 2021

Costo del pasto vetiver para el año 2021... $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de mantenimiento} * -1$	Q945.00
año=	2021
Valor inicial del pasto vetiver=	Q900.00

Fuente: Elaboración propia.

- CÁLCULO DEL AUMENTO DEL COSTO DE LIMPIEZA DEL TANQUE DE CLORACIÓN Y DE LA INCORPORACIÓN DE CLORO PARA EL AÑO 2017

Costo de limpieza del tanque de cloración para el año 2017... $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de limpieza del tanque de cloración} * -1$	Q313.08
año=	2017
Valor de limpieza del tanque de cloración=	Q300.00
Frecuencia de realización en un año=	4.00
Costo anual= Costo de limpieza del tanque de cloración * frecuencia de realización	Q1,252.32

Fuente: Elaboración propia

Costo de cloro... $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de populino de cloro} * -1$	Q2.09
año=	2017
Valor de un populino de cloro=	Q2.00
Frecuencia de realización en un año=	365.00
Costo anual de aplicación de cloro = Costo de cloro * frecuencia de realización	Q761.83

Fuente: Elaboración propia.

- CÁLCULO DEL AUMENTO DEL COSTO DE LIMPIEZA DEL TANQUE DE REBALSE PARA EL AÑO 2017

Costo de limpieza del tanque de rebalse para el año 2017.. $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de limpieza de tanque de rebalse} * -1$	Q313.08
año=	2017
Valor de limpieza del tanque de rebalse=	Q300.00
Frecuencia de realización en un año=	2.00
Costo anual= Costo de limpieza del tanque de rebalse * frecuencia de realización	Q626.16

Fuente: Elaboración propia

- CÁLCULO DE LAS PRUEBAS FISICOQUÍMICAS PARA EL AÑO 2017

Costo de prueba fisicoquímica para el año 2017... $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de prueba fisicoquímica} * -1$	Q1,043.60
año=	2017
Costo de prueba fisicoquímica=	Q1,000.00
Frecuencia de realización en un año=	2.00
Costo anual= Costo de prueba fisicoquímica*frecuencia de realización	Q2,087.20

Fuente: Elaboración propia.

- CÁLCULO DEL AUMENTO DEL COSTO DE REINCORPORACIÓN DEL 20% DE AGUA AL SISTEMA

Costo de incorporación mensual del 20% de agua al sistema para el año 2017... $y = ((0.0016 * \text{año} - 3.1836) + 1) * \text{valor de incorporación} * -1$	Q5.97
año=	2017
Valor de incorporación de agua =	Q5.72
Frecuencia de realización en un año=	12.00
Costo anual= Costo de incorporación mensual del 20% de agua al sistema*frecuencia de realización	Q71.68

Fuente: Elaboración propia.

• **FLUJO DE CAJA PARA EL REUSO DEL AGUA DOMICILIAR**

Flujo de caja para el reuso del agua domiciliar																					
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Inversión inicial																					
Tratamiento primario y secundario																					
Dotación inicial de agua	Q44.97	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Tanque biorreactor	Q9,017.82	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Costo de excavación	Q400.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Costo de materiales	Q1,077.90	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Mano de obra	Q600.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Brocal	Q110.91	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Tratamiento terciario		Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Excavación	Q800.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Pasto vetiver	Q900.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Carbón	Q460.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Tierra negra	Q2,073.60	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Plástico	Q428.28	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Tratamiento cuaternario																					
Tanque 2.5 m3 (2)	Q4,940.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Costos anuales																					
Pasto vetiver	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q945.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q952.20	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q959.40	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q966.60
Incorporación de agua al sistema	Q0.00	Q71.68	Q71.79	Q71.90	Q72.01	Q72.12	Q72.23	Q72.34	Q72.45	Q72.56	Q72.67	Q72.78	Q72.89	Q73.00	Q73.11	Q73.22	Q73.33	Q73.44	Q73.55	Q73.66	Q73.77
Populino de cloro	Q0.00	Q761.83	Q763.00	Q764.16	Q765.33	Q766.50	Q767.67	Q768.84	Q770.00	Q771.17	Q772.34	Q773.51	Q774.68	Q775.84	Q777.01	Q778.18	Q779.35	Q780.52	Q781.68	Q782.85	Q784.02
Mantenimiento de biorreactor	Q0.00	Q16,280.16	Q16,305.12	Q16,330.08	Q16,355.04	Q16,380.00	Q16,404.96	Q16,429.92	Q16,454.88	Q16,479.84	Q16,504.80	Q16,529.76	Q16,554.72	Q16,579.68	Q16,604.64	Q16,629.60	Q16,654.56	Q16,679.52	Q16,704.48	Q16,729.44	Q16,754.40
Mantenimiento de tanque de cloración	Q0.00	Q1,252.32	Q1,254.24	Q1,256.16	Q1,258.08	Q1,260.00	Q1,261.92	Q1,263.84	Q1,265.76	Q1,267.68	Q1,269.60	Q1,271.52	Q1,273.44	Q1,275.36	Q1,277.28	Q1,279.20	Q1,281.12	Q1,283.04	Q1,284.96	Q1,286.88	Q1,288.80
Limpieza del tanque de rebalse	Q0.00	Q626.16	Q627.12	Q628.08	Q629.04	Q630.00	Q630.96	Q631.92	Q632.88	Q633.84	Q634.80	Q635.76	Q636.72	Q637.68	Q638.64	Q639.60	Q640.56	Q641.52	Q642.48	Q643.44	Q644.40
Análisis físico-químico	Q0.00	Q2,087.20	Q2,090.40	Q2,093.60	Q2,096.80	Q2,100.00	Q2,103.20	Q2,106.40	Q2,109.60	Q2,112.80	Q2,116.00	Q2,119.20	Q2,122.40	Q2,125.60	Q2,128.80	Q2,132.00	Q2,135.20	Q2,138.40	Q2,141.60	Q2,144.80	Q2,148.00

Fuente: Elaboración propia.

• ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS PARA AMBAS OPCIONES

<p><i>Escenario 1. Obtención de agua potable por medio de la recuperación de agua subterránea o agua de la subcuenca Xayá-Pixcayá</i></p>	Fortalezas	Oportunidades
	El costo de oportunidad evidencia que se deja de percibir algo al no invertir en esta alternativa.	Existe disponibilidad de agua subterránea en Guatemala.
	El agua al encontrarse a grandes profundidades, está lejos del contacto humano y por eso mismo su calidad no se encuentra tan comprometida.	Se puede abastecer agua a comunidades lejanas, ya que el pozo está ahí en el punto.
	Es una fuente factible de abastecimiento de agua potable.	Dejar de comprar agua más cara a la empresa municipal de agua
	Debilidades	Amenazas
	Menor producción de agua que la subcuenca Xayá-Pixcayá.	El descenso del nivel del manto freático.
Se requiere de bombeo para obtener el agua.	El acuífero pueda que esté contaminado y que se requiera de alto tratamiento del agua.	
Las características del pozo varían de ubicación en ubicación.	El agua se encuentre a muy alta profundidad.	
<p><i>Escenario 2. Obtención de agua potable por medio del reuso del agua domiciliar o agua de la subcuenca Xayá-Pixcayá</i></p>	Fortalezas	Oportunidades
	Es un ciclo completo, se contempla la disposición del agua residual.	Puede utilizarse en todas las casas.
	Se reutiliza la misma agua de la vivienda, apoyando la ingeniería verde.	El sistema no requiere de equipo complejo o masivo.
	Demuestra hasta que punto conviene seguir invertido en la subcuenca Xayá-Pixcayá, ya que el costo de oportunidad muestra que convendría seguir trayendo el agua de ahí.	Atender a bloques de viviendas, para poder diluir su costo.
	Debilidades	Amenazas
	Elevado costo de producción por metro cúbico de agua potable.	El costo de producción por metro cúbico de agua potable para la empresa de agua municipal es más bajo.
Se necesita de muchas fases de tratamiento para potabilizar el agua, lo que impacta en el costo de producción por metro cúbico de agua potable.	Con mayor cantidad de gente, hay mayor dotación, por lo tanto mayor consumo. Esto implica un sistema más grande de tratamiento.	
Por su costo, solo está al alcance de un nivel social alto.	Disminución del agua que pueda ser obtenida de la subcuenca Xayá-Pixcayá. Esto haría necesario obtener agua de una opción como el reuso, pero ya se ve el peso económico que tiene.	

Fuente: Elaboración propia

XIII. GLOSARIO

Afluentes: Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal.

Agricultura Limpia: se refiere a todos los tipos de agricultura, donde se permite ofrecer productos sin residuos de pesticidas. Abarca toda clase de plantación como hortalizas, frutas, verduras y granos básicos.

Anaerobio: condición en donde no está presente oxígeno.

Clipper: herramienta SIG para cortar un archivo raster al tamaño que deseamos.

Coliforme termotolerante: bacteria que entra en actividad a fermentar lactosa entre 44 a 45 °C.

Datum: un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales las medidas de las posiciones son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra, sirve para definir el sistema de coordenadas geográficas.

DEM: Digital Elevation Model (Modelo de elevación digital), son representaciones digitales del terreno, un modelo digital de la superficie representada.

Enterococo: bacteria encontrada en el tracto intestinal de humanos y animales (EcuRed, s.f.).

Heterotrófico: característica de un organismo/bacteria de alimentarse de otros.

Percolación: movimiento de agua a través del suelo

Período Cuaternario: representa una división de la escala temporal geológica, es un período geológico desarrollado en la Cenozoico. Comprende desde 2,588 millones de años hasta el presente.

Poligonizar: convertir un archivo Raster a un archivo Shape

Raster: son fotográficas áreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados donde consta de una matriz de celdas o píxeles organizadas en filas y columnas donde cada celda contiene un valor que representa información.

Shape: Es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y sus atributos asociados.

Sistemas agroforestales: consiste en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple y ganadería.

Sistemas silvopastoriles: es el uso de la tierra donde están presentes los leñosos perennes (árboles, arbustos, palmas) y son combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos y pasturas) y animales.

Turbiedad: parámetro físico asociado a la transparencia del agua.

Unidades nefelométricas de turbiedad: escala de medición de la turbiedad.

XIV. LISTA DE SIGLAS

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GIMBOUT: Grupo Internacional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra

GTM: Guatemala Transversa Mercator

IGN: Instituto Geográfico Nacional

INAB: Instituto Nacional de Bosques

INSIVUMEH: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

MARN: Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales.

Q-GIS: Ilamado Quantum GIS, es un Sistema de información geográfica, un programa de código libre.

UIACC: Unidad de información ambiental y cambio climático (Conversor de coordenadas).

UVG: Universidad del Valle de Guatemala.

WGS-84: Sistemas de Coordenadas geográficas mundiales 1984

ZR: Zonas de Recarga Hídrica

PDM: Plan de Desarrollo Municipal

MDTA: Modelo de Desarrollo Territorial Actual

SEGEPLAN: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia