



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA
SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1,
PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Julio José Villagran Anderson

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca Soria de Sierra

Guatemala, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA
SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1,
PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO JOSÉ VILLAGRAN ANDERSON

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzáles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA
SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1,
PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 17 de agosto de 2020.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio José Villagran Anderson', is centered on the page. The signature is written over a faint, circular watermark or stamp that is partially visible in the background.

Julio José Villagran Anderson

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 07 de febrero de 2022
REF.EPS.DOC.58.02.2022

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Julio José Villagrán Anderson**, CUI 2805 11469 0101 y **Registro Académico 201404165** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesor/Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MRGSdS/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, REF.EPS.D.134.04.2022
20 de abril de 2022

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Julio José Villagrán Anderson, CUI 2805 11469 0101 y Registro Académico 201404165**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



Guatemala, 15 de febrero 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Directo de la Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala

Ingeniero Fuentes.

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Informe Final de EPS, **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil **Julio José Villagran Anderson**, Registro Académico, **201404165**, como Asesor al la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica
Cc: Estudiante xxxxxxxxx
Archivo

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado





ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 30 de marzo de 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Fuentes:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio José Villagran Anderson, con CUI 2805114690101 y registro académico No. 201404165, quien contó con la asesoría del Ingeniera Civil Mayra Rebeca García Soria De Sierra. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que doy mi aprobación al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Alejandro Castañón López
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

 FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN





LNG.DIRECTOR.159.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por: , procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, agosto de 2022



LNG.DECANATO.OI.578.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 9 Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DE SUELO EN EL SECTOR 1, PRADOS DE VILLA HERMOSA, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por: **Julio José Villagran Anderson**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, agosto de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la salud e inteligencia para poder cumplir esta meta en mi vida y abrirme las puertas indicadas para poder llegar al final.

Mis padres

Fredy Villagran y Sherleyn Anderson, por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y acompañarme durante mi carrera, demostrándome su amor y brindándome la ayuda necesaria para poder crecer en el ámbito personal y profesional.

Mis hermanos

Daniel y Diana Villagran, por acompañarme en todo momento y brindarme su cariño.

Mis abuelos

Julio César Anderson, Eugenia Barrios y Emma Ruiz, por sus valiosas palabras de aliento, amor y orgullo durante mi camino universitario.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió vivir una de las mejores etapas de mi vida, donde dejé atrás mi niñez y crecí como hombre.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las bases necesarias para poder afrontar mi camino profesional.
Municipalidad de San Miguel Petapa	Por brindarme el espacio y herramientas para poder desarrollar mi proyecto de graduación.
Mis amigos de la Universidad	Rody Cardona, Sandy Lemus, Elder Chocoj, Yilda Pérez, Prince Rivas, Ismar Pérez, y Juan Pablo García, por su hermandad en esta etapa, el cariño y por todas las aventuras que vivimos juntos.
Mi primo	Sergio Barrios, por su ayuda en mi proceso universitario desde el primer hasta el último día de carrera.

Mi novia

Karla Velásquez, por brindarme su amor y apoyo en la parte final de mi carrera, siendo mi compañera en los momentos difíciles de este camino.

Mis amigos y familiares

Por su apoyo, consejos y cariño a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.1.1. Aspectos generales.....	1
1.1.2. Localización.....	1
1.1.3. Límites y extensión.....	2
1.1.4. Clima.....	3
1.1.5. Vías de acceso.....	3
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	5
2.1. Diseño del sistema de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa, Guatemala.....	5
2.1.1. Descripción del proyecto.....	5
2.1.2. Levantamiento topográfico.....	6
2.1.3. Fuentes de agua.....	7
2.1.4. Aforo de fuentes.....	8
2.1.5. Calidad de agua.....	8
2.1.5.1. Análisis fisicoquímico.....	9
2.1.5.2. Análisis bacteriológico.....	12

2.1.6.	Componentes del sistema	13
2.1.7.	Parámetros de diseño	14
2.1.7.1.	Población actual	14
2.1.7.2.	Estimación de población futura	15
2.1.7.3.	Periodo de diseño	16
2.1.7.4.	Dotación	16
2.1.7.5.	Factores de consumo	17
2.1.8.	Diseño del sistema	17
2.1.8.1.	Caudal medio diario.....	18
2.1.8.2.	Caudal máximo diario	18
2.1.8.3.	Caudal máximo horario.....	19
2.1.8.4.	Velocidades máximas y mínimas.....	20
2.1.9.	Línea de conducción	20
2.1.10.	Golpe de ariete	28
2.1.11.	Cavitación.....	29
2.1.12.	Desinfección.....	29
2.1.13.	Tanque de abastecimiento	31
2.1.14.	Bases de diseño	34
2.1.15.	Red de distribución.....	35
2.1.15.1.	Cálculo hidráulico de la red de distribución	37
2.1.16.	Obras hidráulicas.....	48
2.1.17.	Presupuesto del proyecto	52
2.1.18.	Evaluación financiera	54
2.1.18.1.	Valor presente neto (VPN).....	54
2.1.18.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	57
2.1.19.	Cronograma de ejecución.....	57
2.1.20.	Mantenimiento del sistema	58
2.1.21.	Impacto ambiental	61

2.2.	Localización predial y uso de suelo en el sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa	62
2.2.1.	Descripción teórica	62
2.2.1.1.	Plan de ordenamiento territorial	62
2.2.1.2.	Sistemas de información geográfica (SIG)	63
2.2.1.3.	Base Inmobiliaria Georreferenciada (BIG)	64
2.2.1.4.	Quantum GIS	64
2.2.1.5.	Georreferenciación.....	65
2.2.2.	Sistemas de coordenadas.....	66
2.2.2.1.	Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)	66
2.2.2.2.	Coordenadas GTM (Guatemala Transversal Mercator)	68
2.2.3.	Levantamiento de información para la creación de base de datos	71
2.2.3.1.	Visitas de campo y alternativas de levantamiento de información.....	71
2.2.3.2.	Tecnología y herramientas para la georreferenciación	72
2.2.3.3.	Reconocimiento de la zona	74
2.2.3.4.	Georreferenciación predial del sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, zona 7 con las características del uso de suelo	75
2.2.4.	Digitalización de la información levantada.....	80
2.2.4.1.	Traslado de información análoga al software libre Gis	80

2.2.4.2.	Dibujar geometrías: polígonos	81
2.2.4.3.	Registrar tabla de atributos	83
2.2.5.	Conformación del área espacial del sector 1 de la colonia prados de Villa Hermosa, zona 7.....	84
2.2.6.	Presupuesto	87
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		93
APÉNDICES		97
ANEXO		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del municipio de San Miguel Petapa.....	2
2.	Tanque de almacenamiento colonia San Antonio.....	34
3.	Circuito I.....	40
4.	Diagrama de distribución de caudal en el nodo C	42
5.	Detalle típico de caja rompe presión	49
6.	Válvula de compuerta.....	50
7.	Detalle típico de conexión domiciliar	52
8.	Cronograma de ejecución del proyecto	58
9.	Proyección cilíndrica	67
10.	Mapeo del sector 1 colonia Prados de Villa Hermosa	73
11.	Delimitación y vista del sector 1 de la zona 7, San Miguel Petapa	74
12.	Clasificación: categorías y subcategorías específicas propuestas para el contexto nacional	77
13.	Realización de polígonos en Civil 3D	82
14.	Realización de polígonos en Qgis	82
15.	Categoría de clasificación de suelo, Sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa	85
16.	Subcategoría específica de clasificación de suelo, Prados de Villa Hermosa, Zona 7, San Miguel Petapa.....	86

TABLAS

I.	Temperatura en San Miguel Petapa	3
II.	Características físicas del agua	10
III.	Características químicas del agua	11
IV.	Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua ...	12
V.	Bases de diseño	35
VI.	Distribución de viviendas	40
VII.	Diámetros en el circuito I	43
VIII.	Pérdidas de carga en el circuito I	43
IX.	Relaciones H_f/Q para el circuito I	44
X.	Método de Hardy Cross para balance de caudales	45
XI.	Resultados finales para el circuito I	45
XII.	Datos del tanque de distribución	46
XIII.	Presiones y presiones piezométricas en el circuito I	47
XIV.	Presupuesto para el diseño del proyecto	53
XV.	Parámetros que definen la proyección Guatemala Transversa de Mercator	69
XVI.	Codificación gráfica de uso de suelo	80
XVII.	Tabla de atributos sector 1 Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa.....	83
XVIII.	Clasificación del uso de suelo, zona 7, San Miguel Petapa	85
XIX.	Costo localización predial y uso de suelo en el sector 1 de Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
A	Amortización
HP	Caballos de fuerza
Q	Caudal
Q_b	Caudal de bombeo
Q_{md}	Caudal medio diario
PVC	Cloruro de polivinilo
C	Coefficiente de rugosidad de tubería
d	Diámetro comercial de tubería
Ø	Diámetro interno de tubería
E	Eficiencia de la bomba
PSI	Libra fuerza por pulgada cuadrada
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
m	Metro
m.c.a.	Metros columna de agua
m/s	Metro por segundo
H_f	Pérdida de carga
H_{fv}	Pérdida de carga por velocidad
H_{fm}	Pérdidas menores
n	Periodo de diseño
P_o	Población actual
P_f	Población futura

Pot	Potencia de la bomba
CD	Presión dinámica
CE	Presión estática
Q.	Quetzal
s	Segundo
t_b	Tiempo de bombeo
v	Velocidad

GLOSARIO

Agua potable	Agua apta para consumo humano, cumple con los requisitos propuestos en la norma COGUANOR NGO 29001.
Altimetría	Estudio topográfico del cual se derivan las diferencias de nivel existentes en el terreno de estudio.
BIG	Herramienta basada en SIG, para inventarios de los servicios públicos en un municipio.
CDT	Carga dinámica total.
COCODE	Consejos Comunitarios de Desarrollo. Entes que representan a una población determinada.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
CP	Cota piezométrica.
CT	Cota de terreno.
Dotación	Cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, es decir a un habitante e industria.

EMPAGUA	Empresa municipal de agua, encargada de brindar servicio de agua potable en el territorio de la Municipalidad de Guatemala.
FDM	Factor de día máximo.
FHM	Factor de hora máximo.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
Nivel dinámico	Nivel al que el agua se estabiliza durante el periodo de bombeo de un pozo.
Nivel estático	Nivel hidrostático de un pozo, es decir, antes del inicio de bombeo.
Piezométrica	Altura de presión de agua que se tiene en un punto dado.
Planimetría	Estudio topográfico del cual se derivan las medidas en un plano horizontal de un terreno.
Predio	Hacienda, lote, tierra o posesión inmueble.

QGIS	SIG de código abierto disponible para todas las plataformas informáticas.
QMH	Caudal máximo horario.
QMT	Caudal máximo diario.
SIG	Sistemas de información geográfica. Datos geográficos integrados en un programa para visualizar, almacenar, manipular y analizar información geográficamente referenciada.
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.

RESUMEN

El estudio sobre las necesidades del municipio de San Miguel Petapa dio como resultado la elaboración de dos proyectos: Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9 y Localización predial y uso de suelo en el sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7 del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala. Estos proyectos serán de utilidad que la municipalidad pueda brindar una mejor calidad de vida a su población, solucionando problemas sobre la red de agua potable de la zona 9 y el ordenamiento territorial de la zona 7.

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó una fase de investigación, que muestra aspectos generales de San Miguel Petapa, como su localización, límites y extensión territorial, clima y vías de acceso al municipio.

También se elaboró la fase de servicio técnico profesional, en donde se desarrolló los proyectos mencionados, haciendo un diseño para el sistema de agua potable y la elaboración de presupuesto, cronograma y juego de planos para la colonia San Antonio, Zona 9. Dentro de esta fase también se desarrolló un levantamiento de información para conocer la localización predial y uso de suelo del sector 1 de Prados de Villa Hermosa, zona 7. Se digitalizó esta información utilizando *software Quantum Gis*.

Por último, se realizó la fase de capacitación, donde se incluyó la presentación de los resultados obtenidos a la Municipalidad de San Miguel Petapa, para poder desarrollar los proyectos en un futuro cercano.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9 y Localización Predial y Uso de suelo para el sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7 del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala.

Específicos

1. Realizar los análisis correspondientes para determinar la calidad del agua potable para la colonia San Antonio, Zona 9.
2. Crear una base de datos, utilizando un sistema de información geográfica, para el Sector 1 de Prados de Villa Hermosa, de manera que la Municipalidad de San Miguel Petapa pueda visualizar y estudiar la información levantada de manera más sencilla.
3. Trasladar los resultados obtenidos a la Municipalidad de San Miguel Petapa para poder desarrollar los proyectos elaborados en beneficio de la población.

INTRODUCCIÓN

En la zona 9 del municipio de San Miguel Petapa se encuentra la colonia San Antonio. Esta colonia está compuesta por 525 viviendas y una población de 3 150 habitantes, quienes cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable ineficiente, porque esta no abastece a la totalidad de la población y su periodo supera los 30 desde su construcción. Debido a este problema se diseñó un sistema de abastecimiento de agua potable capaz de suplir esta necesidad.

Otra zona afectada del municipio de San Miguel Petapa, es el sector 1 de Prados de Villa Hermosa en la zona 7. Esta colonia sufrió un crecimiento muy grande de la población, por lo que la municipalidad perdió el control de los espacios dentro de este sector, provocando un desorden territorial y falta de información necesaria para el correcto cobro de impuestos, orden en los sectores destinados al comercio y una buena ubicación para los espacios habitacionales. Para solucionar este problema se realizó un estudio del uso de suelo y localización predial de la zona.

Para el desarrollo de estos proyectos se recabó información proporcionada por la Municipalidad de San Miguel Petapa, en especial por la Dirección de servicios públicos y el departamento de Catastro. También se levantó información en campo visitando la colonia San Antonio y el Sector 1 de Prados de Villa Hermosa.

El desarrollo de estos proyectos busca darles una solución definitiva a los problemas, antes mencionados, de las zonas del municipio en estudio, brindándole servicios básicos y una mejor calidad de vida a la población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

Se presenta la monografía del municipio San Miguel Petapa del departamento de Guatemala.

1.1.1. Aspectos generales

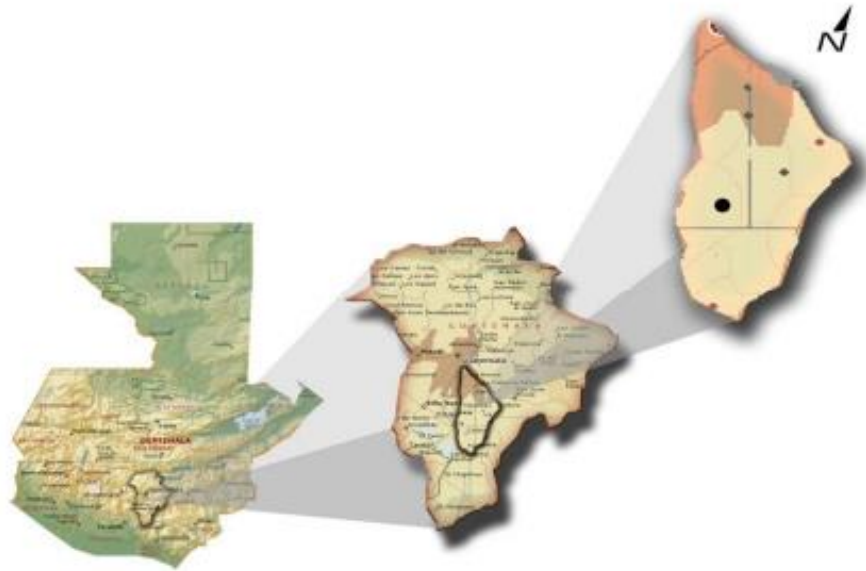
San Miguel Petapa es un municipio del departamento de Guatemala, siendo el municipio más pequeño con una extensión territorial de 24,64 km². Se sitúa en la parte sur, en la región Metropolitana y se encuentra a una distancia de 20 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.

El poblado tiene un origen prehispánico y con ascendencia kaqchikel, en su territorio se habla pocoman y pocomchí aparte del español. El área destinada para la agricultura está ubicada al sur del municipio, porque la mayoría del territorio está compuesto por urbanizaciones. Entre las actividades industriales que se desarrollan en San Miguel Petapa se pueden encontrar maquilas, calzado, carpintería y fábricas productoras de alimentos envasados.

1.1.2. Localización

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra localizado en la región metropolitana del departamento de Guatemala, sus coordenadas son: latitud 14°30'06" y en la longitud 90°33'37", así mismo se sitúa a una altitud de 1 227 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Mapa de ubicación del municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: Plan de Desarrollo 2011-2025, Municipalidad de San Miguel Petapa.

1.1.3. Límites y extensión

El municipio de Petapa limita al norte y oeste con el municipio de Villa Nueva y Guatemala, al sur con Amatitlán y al este con el municipio de Villa Canales.

La extensión territorial es de 24,64 kilómetros cuadrados, con un 41,77 % de valle y 58,23 % de montaña, siendo 93,1 % urbano y 6,9 % rural; el municipio cuenta con un territorio con una densidad poblacional de 3 629,19 habitantes por kilómetro cuadrado.

1.1.4. Clima

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra a 1 227 metros sobre el nivel del mar, por lo que, su clima es templado y tropical. Durante el transcurso del año predominan dos estaciones, siendo estas la época seca o verano y época lluviosa o invierno. Según el Insivumeh, su temperatura posee un promedio de 20° centígrados, tiene una humedad del 50 % con precipitación pluvial meda de 1 000 mm/año, los meses de lluvia se comprenden de junio a octubre.

Tabla I. **Temperatura en San Miguel Petapa**

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	26.1	27.0	28.4	28.6	28.3	26.6	26.8	26.8	26.1	26.1	25.6	25.7	26.8
Temp. media (°C)	20.2	20.7	21.9	22.6	22.7	21.9	22.0	21.8	21.5	21.3	20.4	20.1	21.4
Temp. mín. media (°C)	14.3	14.5	15.5	16.7	17.2	17.3	17.2	16.9	16.9	16.5	15.3	14.5	16.1
Precipitación total (mm)	1	2	3	24	120	248	214	182	229	126	16	4	1169

Fuente: INSIVUMEH. *Clima San Miguel Petapa*. p. 7.

1.1.5. Vías de acceso

Para acceder al municipio de San Miguel Petapa se puede utilizar la carretera centroamericana CA-9 al sur, pasando por el municipio de Villa Nueva. También se puede utilizar la carretera interdepartamental que parte del Obelisco, siguiendo de la avenida Hincapié que conduce hacia el municipio de Villa Canales o utilizando la vía desde el trébol hasta llegar al Parque de San Miguel Petapa.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa, Guatemala

Descripción del proyecto de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, ubicada en la zona 9 del municipio de San Miguel Petapa.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9 del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala. El sistema está formado por un pozo mecánico de 138 m de profundidad, con una bomba sumergible de 40 HP de potencia, una línea de conducción de 234 m de longitud y una red de distribución con longitud de 6 256,7 m lineales.

La línea de conducción funciona correctamente, cubriendo las necesidades de la colonia San Antonio y está compuesta de tubería de acero galvanizado (HG), de 4" de diámetro. El tanque de almacenamiento es metálico con 265 m³ de volumen y una altura de 14 m sobre el nivel del suelo.

La red de distribución de agua potable se encuentra a punto de ser obsoleta por lo que no cubre la demanda de la mayoría de la población, debido a esto se diseñó una nueva red de distribución como un sistema de circuitos cerrados por medio del método de aproximaciones sucesivas de Hardy-Cross, funcionará por medio de gravedad y se empelará tubería de cloruro de polivinilo (PVC), clase

125 psi. Esta red vendrá a suplantar de una mejor manera la red de distribución ya existente.

2.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en el que se cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones.

Para el diseño de la red de distribución se determinó la longitud y ancho de calles, las coordenadas y elevaciones de los diferentes puntos que conforman la red, utilizando como equipo una estación total marca TOPCON con prisma constante de 30 mm, cinta métrica de 50 metros y dos plomadas. Este levantamiento permitió crear planos específicos de la colonia San Antonio describiendo las características del terreno como relieves y diferencias de alturas.

- **Planimetría**

La planimetría es la rama de la topografía que se ocupa de la representación a escala de la superficie terrestre, exceptuando su relieve, sobre un plano horizontal conforme a un norte verdadero para la orientación. La planimetría proyecta sobre un plano horizontal los elementos de la poligonal como puntos, líneas rectas, diagonales, curvas, superficies, contornos, cuerpos, entre otros.

Sin considerar la diferencia de elevación. También permite determinar las distancias horizontales, vistas en planta, de las estaciones propuestas, con lo que

se genera ángulos y tangentes entre estaciones, con los que se obtienen las coordenadas X-Y, e información geométrica del terreno.

Las medidas horizontales se pueden determinar utilizando distintos instrumentos y procedimientos, tomando en cuenta las longitudes que haya por medir, las condiciones del terreno y los instrumentos disponibles. Las distancias horizontales para este proyecto se determinaron utilizando una cinta métrica y elementos adicionales como plomadas, pintura y estacas.

- Altimetría

Se define como altimetría a la representación sobre el plano horizontal de la tercera dimensión sobre un terreno. Estudia los métodos y técnicas para la representación de las diferencias de nivel o altura, también llamadas cotas, de cada punto del terreno respecto a un plano de referencia, dichas alturas son coordenadas Z, las cuales se obtienen por medio de un nivel o estación total. Para este proyecto se utilizó un nivel para la obtención de las alturas en cada una de las estaciones. Estas alturas se tomaron respecto a una cota arbitraria colocada anteriormente, para posteriormente realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y la creación de planos de curvas de nivel.

2.1.3. Fuentes de agua

Existen distintos tipos de fuentes tanto superficiales como subterráneas para la obtención de agua potable. Dentro de las superficiales se pueden encontrar ríos, arroyos y lagos, mientras que en las subterráneas se encuentran acuíferos y napas. Hay que tomar en cuenta el tipo de fuente disponible en el terreno para la obtención de agua potable, requerimientos sanitarios, la demanda y el caudal necesario para la distribución de agua en la población.

La colonia San Antonio, obtiene su agua de un afluyente acuífero por medio del pozo Papalha, siendo este, un pozo de tipo mecánico ubicado dentro de la colonia tiene una profundidad de 138 metros y 10 metros de diámetro. Para bombear el agua hacia el tanque de almacenamiento utiliza una bomba sumergible con 40 HP de potencia.

2.1.4. Aforo de fuentes

El tipo de fuente y el rendimiento de la misma influye directamente en el abastecimiento necesario de agua potable para una población, creando la necesidad de medir la cantidad de agua y el caudal que proporciona la fuente. El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado y permite conocer si la fuente es capaz de proporcionar el caudal suficiente para cubrir la demanda y satisfacer las necesidades de la población futura, para esto el caudal mínimo debe ser mayor al consumo máximo diario de la población.

Existen distintos métodos de aforo como el método volumétrico, aforos con vertederos, con canales Venturi, con dilución (químicos), y aforo con flotadores. El valor del aforo en este proyecto se obtuvo mediante datos con los que el departamento de Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa contaba, los cuales establecen que el valor de aforo del pozo es de 23,97 lts/seg. Este caudal es mayor al consumo máximo diario de la población, por lo que cubre la demanda requerida.

2.1.5. Calidad de agua

La calidad del agua que se consume es de vital importancia para la salud, por lo que la calidad del agua se refiere al cumplimiento de las características fisicoquímicas y microbiológicas que requiere el agua para que no cause daño a

la salud. Para determinar la calidad del agua en la colonia San Antonio se realizó el análisis físico químico sanitario y examen bacteriológico, comparando los resultados con los límites mínimos permisibles según la Norma COGUANOR NTG 29001.

Esta norma establece los límites máximos aceptables y los límites permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, límites microbiológicos, así como las concentraciones de cloro y métodos de análisis bacteriológicos.

2.1.5.1. Análisis fisicoquímico

Debido a que las aguas naturales se encuentran en contacto con diferentes agentes como el aire, suelo, vegetación y diferentes seres vivos que consumen y desprenden distintas sustancias, el agua se ve afectada en su composición física, así mismo, por la composición química del agua se ve alterada por actividades agrícolas, ganaderas e industriales.

Estas incorporaciones ocasionan la degradación de la calidad del agua provocando efectos negativos como alteraciones en el ecosistema, riesgo en la salud y un mayor costo en el tratamiento del agua. Debido a esta contaminación es necesario realizar un análisis fisicoquímico al agua que se va a utilizar para consumo humano.

El análisis fisicoquímico se compone por el análisis físico del agua, el cual sirve para conocer las características que pueden ser percibidas por lo sentidos como el color, sabor, olor, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno (PH), turbiedad (materias en suspensión) y temperatura.

Los límites mínimos y máximos aceptables para consumo humano se muestran a continuación.

Tabla II. **Características físicas del agua**

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: Norma COGUANOR NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable).

p. 6.

El análisis químico mide las sustancias químicas como las cantidades de minerales y materia orgánica en el agua que puede causar daños en la salud, tuberías y equipos. Es importante mencionar que para que el agua sea considerada apta para su consumo es necesario que estos deben estar dentro de los parámetros y límites que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III. Características químicas del agua

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: Norma COGUANOR NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable).

p. 7.

Para este proyecto se realizó la toma de muestra tomando en cuenta que el grifo estuviera desinfectado y abierto a su máxima presión por un tiempo mínimo de 5 minutos, se debe considerar que la muestra tiene que ser enviada al laboratorio en un plazo de no más de 72 horas, manteniéndola en temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos muestran que las características físicas y químicas de la muestra tomada en la fuente se encuentran dentro de los límites aceptables para consumo humano, por lo que desde el punto de la calidad física y química el agua cumple con la norma.

2.1.5.2. Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico es de utilidad para garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo humano evitando así epidemias gastrointestinales. El agua para consumo humano puede ser contaminada por aguas residuales o por desechos humanos y animales que pueden contener microorganismos patógenos. Las bacterias coliformes en el agua sobreviven en mayor cantidad, por lo que el análisis bacteriológico se utiliza para la detección de coliformes, las cuales no deben ser detectables en 100 mililitros del agua como se muestra en la tabla.

Tabla IV. **Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua**

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: Norma COGUANOR NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable).
p. 10.

La toma de muestra para este análisis se hace por medio de un frasco de 100 mililitros llenándolo con agua, dejando 1/3 del volumen libre. Se debe tapar con un tapón hermético y dejar la muestra en refrigeración por no más de 30 horas.

Los resultados obtenidos para este proyecto indican que por las características químicas de la muestra el agua es apta para consumo humano. En caso la muestra no cumpla con el límite máximo permisible se debe establecer un método de desinfección.

2.1.6. Componentes del sistema

Para la obtención y distribución del agua potable se necesita un sistema de abastecimiento, con el cual se pueda recolectar, almacenar y distribuir el agua en toda la población. Estos sistemas comprenden distintos componentes como la captación, la línea de conducción y la red de distribución.

La primera parte del sistema es el proceso de captación del agua, que se obtiene de aguas subterráneas o superficiales por medio de una fuente. La fuente para utilizar dependerá de las condiciones del terreno y cercanía con cuerpos de agua. Para este proyecto el agua se obtuvo de manera subterránea por medio de un pozo mecánico.

Posteriormente se encuentra la línea de conducción o impulsión, que es la encargada de conducir el agua desde la fuente de captación hasta una planta de tratamiento o un tanque de almacenamiento. Siendo para este proyecto una línea de impulsión, porque el pozo tiene que bombear el agua hasta el tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento tiene como función almacenar agua en los momentos de bajo consumo, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable y abastecer a toda la población con una dotación adecuada. La colonia San Antonio cuenta con un tanque de almacenamiento elevado a una altura de 14m desde el nivel del terreno, con capacidad de 265 m³.

Por último, se encuentra la red de distribución, siendo esta un conjunto de tuberías que tienen como objetivo distribuir el agua a toda la población. Existen redes de distribución de ramales abierto, circuitos cerrados y redes mixtas dependiendo de las condiciones del terreno y la localización de las viviendas a suministrar. Para este proyecto se diseñó una red de distribución de circuitos cerrados, con una longitud de 6,26 km.

Por motivos de mantenimiento es de suma importancia que toda red de distribución cuente con válvulas de compuerta en puntos estratégicos, con el objetivo de aislar los tramos de la red y poder cerrarlos individualmente en caso de que exista algún inconveniente con la tubería. Para este proyecto se utilizaron 37 válvulas de compuerta.

2.1.7. Parámetros de diseño

A continuación, se describen los parámetros de diseño y la muestra de cálculo para la obtención de los mismos. El cálculo de estos parámetros es necesario para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y se realizó según la Guía de Normas Sanitarias para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano del INFOM.

2.1.7.1. Población actual

Es necesario conocer la población actual del territorio donde será realizado el proyecto para poder determinar cuánto crecerá la población y estimar cuál será la demanda para abastecer. Para lo colonia San Antonio, se determinó una población actual de 3 150 habitantes, considerando una densidad de habitantes de 6 personas por vivienda, para el año 2020. Dicha población fue calculada de

acuerdo con el número de viviendas existentes en la colonia por la densidad de habitantes en cada una de ellas.

$$P_o = 6 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 525 \text{ viviendas} = 3\ 150 \text{ hab}$$

2.1.7.2. Estimación de población futura

El cálculo de población futura se puede realizar por varios métodos, utilizando para este caso el método geométrico. Este método utiliza datos como la población inicial, tasa de crecimiento y periodo de diseño, los cuales deben recabarse en instituciones especializadas Como el Instituto Nacional de Estadística (INE), además de censos escolares, registros municipales y censos realizados con anterioridad.

Este proyecto se realizó con una tasa de crecimiento poblacional de 2,1 %, dato proporcionado por las autoridades municipales y un periodo de diseño de 20 años más 2 años por trámites administrativos. El cálculo se expresa de la siguiente forma:

$$P_f = P_o(1 + i)^n$$

Donde:

Pf	=	población futura [hab]
Po	=	población actual [hab]
i	=	tasa de crecimiento [en porcentaje]
n	=	período de diseño [años]

Utilizando la ecuación y los datos de la colonia San Antonio, se obtiene:

$$P_f = 3\,150(1 + 0,021)^{22} = 4\,976 \text{ hab}$$

2.1.7.3. Período de diseño

El periodo de diseño número de años para el cual se considera que el diseño de un acueducto o un sistema de agua potable será funcional y cumplirá con abastecer agua a la población en correcto funcionamiento. Este periodo empieza a contar desde que la obra entra en servicio y se determina tomando en cuenta factores como la población de diseño, caudal, vida útil y calidad de los materiales, facilidad de ampliación, costos y tasas de interés.

Para obras civiles se establece un periodo de diseño de 20 años, considerando un tiempo de gestión de 2 años; teniendo como resultado un periodo de diseño de 22 años.

2.1.7.4. Dotación

La dotación es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en la población. Esta cantidad de agua depende de distintos factores como el nivel de vida, calidad y cantidad de agua, presiones, entre otros. La dotación usualmente se expresa en litros por habitante por día y se debe tomar en cuenta estudios de demanda de la población o poblaciones similares.

En caso no se no se contará con esta información, se tomará un valor de 90 a 170 l/hab/día para servicio de conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos, por lo que para este proyecto se optó por una dotación de 150 l/hab/día.

2.1.7.5. Factores de consumo

Los factores de consumo son factores de seguridad utilizados debido a las variaciones diarias del caudal en la red, tomando valores máximos y mínimos durante diferentes horas. En los factores de consumo se pueden encontrar:

- Factor máximo diario (FMD). Se utiliza este factor debido a que durante el año existen días de consumo máximo. Este factor se encuentra en un rango entre 1,20 y 1,50 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 1,20 para mayores de 1 000 habitantes. Este factor aumenta el caudal medio diario entre un 20 % a 50 %, considerando la variación del caudal en un día promedio. Para este proyecto se utilizó un factor de 1,20.
- Factor máximo horario (FMH). Este factor se utiliza debido a que el consumo de agua varía considerablemente dependiendo la hora del día existiendo horas con consumos máximos, por lo que este factor considera las variaciones que puedan ocurrir en el consumo de agua. La selección del factor es inversa al número de habitantes a servir y se encuentra en un rango de 2,00 a 3,00 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 2,00 para mayores de 1 000 habitantes. Para este proyecto se utilizó un factor de 2,00.

2.1.8. Diseño del sistema

Para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable es necesario determinar los caudales de diseño. Este diseño se realizó según la Guía de Normas Sanitarias para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano del INFOM.

2.1.8.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal es el resultado de multiplicar la población futura por la dotación, entre el número de segundos en un día, como se muestra en la fórmula:

$$Q_{md} = \frac{P_f \times \text{Dotación}}{86\,400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario en Lts. /seg.

P_f = Población futura.

86 400 = Cantidad de segundos en un día.

Dotación = 150 lts. /hab./día.

Utilizando la ecuación y los datos de la colonia San Antonio, se obtiene:

$$Q_{md} = \frac{4\,976 \times 150}{86\,400} = 8,64 \text{ lt/s}$$

2.1.8.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, también llamado caudal de conducción, se utiliza para el diseño de la línea de conducción. Se define como el consumo máximo de agua en un día, durante un periodo de observación de un año. Resulta del producto entre el caudal medio diario y un factor de día máximo (FDM), dicho factor, oscila entre 1,2 y 1,5 dependiendo del tamaño de la población a servir. Se utiliza un factor de 1,2 para poblaciones mayores de 1 000 habitantes, el cual será el caso para la colonia San Antonio.

Se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$QMD = f_{dm} \times Qmd$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario en Lts. /seg.

f_{hm} = factor máximo diario.

Qmd = Caudal medio diario en Lts. /seg.

Utilizando la ecuación y los datos de la San Antonio, se obtiene:

$$QMD = 1,2 \times 8,64 = 10,37 \text{ lt/s}$$

2.1.8.3. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario, también llamado caudal de distribución, se utiliza para el diseño de la red de distribución. Se define como el consumo máximo en una hora del día. Resulta del producto entre el caudal medio diario y un factor de hora máxima (FHM), dicho factor, puede variar entre 2,0 y 3,0, dependiendo del tamaño de la población a servir. Para poblaciones mayores de 1 000 habitantes, se utiliza un factor de 2,0, el cual será el caso para la colonia San Antonio.

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$QMH = f_{hm} \times Qmd$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario en Lts. /seg.

f_{hm} = factor máximo horario

Qmd = Caudal medio diario en Lts. /seg.

Utilizando la ecuación y los datos de la colonia San Antonio, se obtiene:

$$Q_{MH} = 2 \times 8,64 = 17,29 \text{ lt/s}$$

2.1.8.4. Velocidades máximas y mínimas

Por medio de la ecuación de continuidad se puede encontrar la velocidad del agua dentro de las tuberías.

$$V = \frac{Q}{A} \text{ m/s}$$

Donde:

- V = Velocidad del agua en m /seg.
- Q = Caudal en m^3
- A = Caudal medio diario en m^2 .

Para conducciones forzadas (tuberías), la velocidad mínima y máxima debe estar entre 0,40 y 3,00 m/s y la velocidad mínima y máxima del agua para distribución debe estar entre 0,60 y 3,00 m/s. Fuera de estos rangos el diseñador deberá justificarlo en su memoria de cálculo.

2.1.9. Línea de conducción

La línea de conducción está conformada por obras encargadas de transportar el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento. Por lo general, se compone de tuberías que transportan, a presión, el agua utilizando la fuerza de gravedad, también llamadas conducciones de régimen libre, o

impulsada por una bomba, llamadas líneas de conducción de régimen forzado. Esto dependerá de las condiciones del terreno y la fuente a utilizar.

La línea de conducción por gravedad permite que se transporte el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento sin necesidad de un bombeo mecanizado. Para poder utilizar este tipo de línea de conducción es necesario que la fuente sea un cuerpo de agua grande ubicado en algún punto elevado respecto a la población a servir, de manera que pueda mantenerse la presión suficiente en las tuberías principales. Para su diseño se utiliza la fórmula de Manning utilizando el caudal máximo diario, un diámetro mínimo 3/4" y tomando en cuenta que las velocidades se deben encontrar en un rango de 0,6 y 3 m/s. De esta manera, se describe la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \left(\frac{m}{s} \right)$$

- Figura 5. Donde:
- Figura 6. V = Velocidad media (m/s)
- Figura 7. R = Radio hidráulico (m)
- Figura 8. S = Pendiente
- Figura 9. N = Rugosidad del canal

Las líneas de conducción por bombeo se componen de tuberías a presión y un equipo de bombeo que produce un incremento en el gradiente hidráulico para vencer las pérdidas de energía. Para su diseño se debe considerar la dotación de energía eléctrica y la posible necesidad del tratamiento y desinfección del agua, se utilizan diámetros no menores a 1,25" y las velocidades deben estar en un rango entre 0,6 y 2 m/s para disminuir la sobre presión generada por el golpe de ariete.

Especificación del diseño de la línea de conducción por bombeo:

- Determinar el caudal de bombeo

Para determinar el caudal de bombeo se utiliza el caudal día máximo y se recomienda un tiempo de bombeo de 12 horas diarias como máximo por el tiempo de vida útil del equipo. En casos extremos por demandas inesperadas se puede alargar el tiempo de bombeo a un máximo de 18 horas diarias.

$$Q_B = \frac{Q_{\text{dia max}} * 24}{t_B} \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} \right)$$

Donde:

Q_B = Caudal por bombeo en Lt. /s.

$Q_{\text{dia max}}$ = Caudal día máximo en Lt. /s.

t_B = Tiempo de bombeo en horas

- Cálculo del diámetro

Es de suma importancia en el cálculo de las líneas de bombeo realizarlo con el criterio del diámetro económico, por los costos de las tuberías y los consumos de energía eléctrica. El diámetro económico es el que presente el menor costo de la tubería y de la energía. Este se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{1\,974 * 13,83}{v}}$$

Donde:

D = Diámetro económico.

Q_B = Caudal de bombeo en Lt. /s

V= velocidad del flujo de agua en m/s

La aplicación de la fórmula con la velocidad mínima y máxima proporciona el diámetro económico mínimo y máximo, de los cuales se escogerá el mejor de los diámetros dentro de ese rango, tomando en consideración los costos de la tubería y de la energía eléctrica. Los diámetros serán de utilidad para calcular los gastos o pérdidas para la carga dinámica total.

- Cálculo del costo de la tubería por mes

Para calcular el costo de la tubería por mes se debe calcular primero la amortización, utilizando la siguiente fórmula.

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

A = amortización

R = tasa de interés

n = tiempo en meses en el que se desea pagar la tubería

Posterior al cálculo de la amortización se calcula el costo por longitud de tubería dependiendo del diámetro económico previamente seleccionado.

Finalmente se puede calcular el costo de la tubería por mes multiplicando la amortización por el costo de la tubería.

$$Ct = A * C$$

Donde:

- Ct = Costo de tubería por mes
- A = Amortización
- C = Costo de la tubería
- Cálculo de tubos a utilizar

La cantidad de tubos a utilizar se obtiene dividiendo la longitud total de la línea de conducción (distancia entre la fuente y el tanque de almacenamiento) entre la longitud del tubo, generalmente la longitud del tubo será de 6 m.

$$\text{Cantidad de tubos a utilizar} = \frac{\text{Longitud de conducción}}{6 \text{ m/tubo}}$$

- Cálculo de la carga dinámica total para bomba sumergible

La carga dinámica total es la carga que utiliza la bomba para mover el caudal requerido. Para su cálculo es necesario conocer la distancia que recorre el agua desde el punto en el que entra a la bomba hasta el punto de descarga. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{CDT} = H + H_f + H_{fv} + H_{fm} + H_{me} + H_d$$

Donde:

- CDT = carga dinámica total.
- H = Altura de descarga
- H_f = pérdida de carga por fricción.
- H_{fv} = pérdida de carga por velocidad.
- H_{fm} = pérdidas menores.
- H_{me} = pérdida producida por el motor

Hd = Altura desde el nivel dinámico hasta la boca del pozo

- Altura (H)

La altura se toma como la diferencia entre la cota del tanque y la cota del brocal.

$$\text{Altura} = \text{Cota}_{\text{tanque}} - \text{Cota}_{\text{brocal}}$$

- Pérdida de carga por fricción (Hf)

La pérdida de carga se obtiene por medio de la fórmula de Hazen y Williams.

$$H_f = \frac{1,743,811 * L * Q^{1,852}}{150^{1,852} * D^{4,87}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga por fricción en metros.

L = Longitud del tramo en metros.

Q = Caudal conducido en litros/segundo-Caudal de bombeo.

C = Coeficiente de fricción de Hazen Williams, depende de la rugosidad del material.

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

- Pérdida de carga por velocidad (Hfv).

Para calcular la pérdida de carga por velocidad es necesario determinar primero la velocidad. Esta velocidad se obtiene con la siguiente fórmula.

$$V = \frac{1,974 * Qb}{\emptyset^2}$$

Donde:

1,974 = factor adimensional

Qb = caudal de bombeo

\emptyset^2 = diámetro interno de la tubería

Utilizando la velocidad calculada, se obtiene la pérdida de carga por velocidad.

$$Hfv = \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

Hfv = Pérdida de velocidad

V^2 = Velocidad al cuadrado

g = Gravedad

- Pérdidas menores (Hfm)

Las pérdidas menores son producidas por los accesorios que se utilizan del brocal al tanque, se estable como un 10 % de la pérdida de carga.

$$Hfm = 0,10 * Hf$$

Donde:

Hfm = Pérdidas menores

Hf = Pérdida de carga por fricción

- Pérdidas de carga en la línea de impulsión (Hli)

Es la pérdida de carga producidas en la línea de impulsión. Se calcula utilizando la fórmula de Hazen y Williams.

$$H_f = \frac{1,743,811 * L * Q^{1,852}}{150^{1,852} * D^{4,87}}$$

- Altura del nivel dinámico hasta la boca del pozo (Hd)

$$H_d = H_{nd} - H_{bp}$$

- Cálculo de potencia de la bomba

Con los datos obtenidos se procede al cálculo de la potencia de la bomba utilizando la siguiente formula:

$$Pot = \frac{(CDT * Q_b)}{(76 * e)}$$

Donde:

Pot = Potencia de la bomba

CDT = Carga dinámica total

Qb = Caudal de bombeo

E = Eficiencia de la bomba, según manual del fabricante.

Para este proyecto no se diseñó una línea de conducción ya que la colonia San Antonio cuenta con una en perfecto estado. Esta línea tiene una longitud de 234 m compuesta por 39 tubos de Hg (Hierro galvanizado), con diámetro de 4" y funciona con una línea de impulsión utilizando una bomba sumergible de 40 Hp.

2.1.10. Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que ocurre cuando se produce una variación en la presión de la tubería, ocasionada al cerrar una válvula bruscamente o al arrancar o apagar las bombas, este cambio de presión produce una onda que se propaga con una velocidad llamada celeridad que puede ocasionar en la tubería una ruptura o aplastamiento, por lo que es importante verificar si la tubería es capaz de soportar este cambio de presión. Para esto primero se calcula la celeridad de la siguiente manera:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

a = Celeridad

k = módulo de elasticidad volumétrica del agua. ($2,07 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$)

E = módulo de elasticidad del material

D_i = Diámetro interno del tubo

e = espesor de la pared del tubo

Posteriormente se calcula la sobrepresión expresada metros columna de agua (m.c.a) de la siguiente manera.

$$\Delta P = \frac{a * v}{g}$$

Donde:

ΔP = Sobrepresión (m.c.a)

v = Velocidad de servicio (m/s)

a = Celeridad de onda (m/s)

$g = \text{gravedad } (9,81 \text{ m/s}^2)$

Para verificar si la tubería resiste el golpe de ariete se debe sumar la sobre presión con la altura de bombeo, lo que debe ser menor a la presión de trabajo de la tubería.

2.1.11. Cavitación

Este fenómeno ocurre dentro de la bomba y se produce debido a una pérdida de presión localizada, el fluido manejado hierve en ese punto, produciendo burbujas o cavidades llenas de vapor. Estas burbujas viajan a zonas de la bomba con mayor presión, ocasionando que pasen de manera repentina del estado gaseoso al estado líquido, provocando una estela de gas de gran energía sobre una superficie sólida que puede resquebrajar al choque. Al chocar con la superficie el material de la bomba tiende a debilitarse estructuralmente o a picarse pudiendo producir óxido y deteriorando el material.

Este fenómeno generalmente se puede determinar por medio de ruidos y vibraciones, así como en la disminución de carga y eficiencia de la bomba.

2.1.12. Desinfección

El proceso de desinfección es obligatorio para cualquier sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. En los métodos para la desinfección del agua se pueden encontrar:

- Aplicación de radiación ultravioleta

El método de radiación ultravioleta solo se debe utilizar como una opción complementaria para la destrucción de patógenos presentes en el agua para consumo humano, pero nunca como método sustituto para la aplicación de cloro. Para su aplicación se deben tener niveles altos de patógenos, sólidos suspendidos y otros factores que inciden en la absorción de luz ultravioleta.

- Aplicación de ozono

El método de la aplicación de ozono se debe usar como un método complementario para la desinfección del agua, pero nunca como sustituto de la desinfección por cloro, ya que el efecto residual del ozono es casi despreciable. Previo a la aplicación del ozono, el agua debe ser filtrada para evitar turbiedad.

- Aplicación de cloro y sus derivados

La desinfección por el método de aplicación de cloro es la más utilizada y se debe aplicar, sin excepción, en todos los sistemas de abastecimiento de agua potable. Previo a su aplicación se debe verificar que el agua tenga un valor de potencial de hidrógeno y turbiedad dentro de los límites establecidos en la norma COGUANOR NG0 29001, el agua que no cumpla con los requerimientos establecidos en la norma, deberá ser tratada con procedimientos adecuados para restablecer su potabilidad. La cantidad de cloro que se adicione debe ser tal que se produzca una concentración residual de cloro libre no menor a 0,5 mg/L.

Para determinar la cantidad óptima de cloro que debe adicionarse, al agua que se desea desinfectar, se debe mantener un monitoreo constante de la concentración de cloro residual en el agua, de manera que el agua sea abastecida en calidad de potable. El cloro se puede aplicar como hipoclorito de sodio (cloro líquido) o hipoclorito de calcio (cloro granulado).

La elección del tipo de tratamiento a utilizar se hace mediante el análisis de los resultados obtenidos del laboratorio encargado de examinar la muestra de agua, tomando en cuenta la calidad del agua cruda, el grado de desarrollo y los recursos de la comunidad.

La aplicación del cloro al agua se puede realizar por medio de hipocloradores, evaporadores e inyección. Para este proyecto el sistema de desinfección existente es un sistema por cloración empleando un hipoclorador de pastillas, el cual utiliza 120 pastillas de hipoclorito de calcio al mes. Dato proporcionado por el fontanero encargada de darle mantenimiento al pozo.

2.1.13. Tanque de abastecimiento

El tanque de almacenamiento es una estructura que sirve para almacenar la cantidad suficiente de agua y así satisfacer la demanda de una población. También tiene la función de regular la presión adecuada en el sistema de distribución.

Existen distintos tipos de tanque de almacenamiento como los tanques enterrados, semienterrados, superficiales y elevados. Los tanques enterrados deben estar al menos a 50 % de la altura sobre la rasante y el fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático. Los tanques semienterrados son los más utilizados ya que permiten utilizar estructuras más livianas, mientras que los tanques superficiales están contruidos en su totalidad sobre el terreno.

Los tanques elevados se encuentran contruidos por encima del nivel de suelo, por lo general se construyen en terrenos planos y generalmente están sostenidos por pilotes, pilares o muros. Estos tanques están casi siempre

conectados a la línea principal y se pueden alimentar desde la fuente por gravedad o bombeo.

- Volumen de almacenamiento

Para satisfacer la demanda de una población, el tanque de abastecimiento debe poder contener el volumen suficiente de agua para abastecer a la población y compensar la demanda respecto a las variaciones horarias. Se debe tomar en cuenta que el nivel mínimo del agua debe ser suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución y que la entrada del tanque debe encontrarse diametralmente opuesta a la salida, para permitir un buen flujo del agua. El volumen en el tanque estará definido por un caudal de entrada constante y caudal de salida variable conforme a las horas de consumo y se puede determinar realizando un estudio de demandas para obtener los distintos caudales de consumo según la hora del día.

Conociendo la teoría sobre los tanques de distribución y el volumen del tanque elevado que existe actualmente, se debe calcular el valor del volumen para el tanque elevado de este proyecto con los datos obtenidos anteriormente, este volumen debe ser determinado de acuerdo a la demanda real de la comunidad, pero según el INFOM sino se cuenta con estos datos, se debe estimar un volumen de almacenamiento o de distribución de un 25 % a un 40 % del caudal medio diario, también podrá asumirse un 25 % del caudal máximo diario. Para este proyecto se asumió un 30 % del caudal medio diario considerando ser el más adecuado por el tipo de tanque.

Para calcular este volumen se empleará la siguiente fórmula:

$$V_{\text{cap}} = \frac{Q_{\text{med}} * 86\ 400 * P}{1\ 000} (\text{m}^3)$$

Donde:

V_{cap} = Volumen de capacidad (m^3)

Q_{med} = Caudal medio diario del sistema ($\frac{L}{s}$)

$$V_{cap} = \frac{8,64 * 86\,400 * 0,3}{1\,000} (m^3)$$

$$V_{cap} = 223,95 (m^3)$$

Aproximando al entero mayor para un mejor manejo de datos, el volumen del tanque debe ser:

$$V_{cap} \cong 224 (m^3)$$

Habiendo obtenido este valor se puede determinar que el volumen necesario para el tanque elevado de este proyecto tendría que ser de 224 metros cúbicos, pero debido a que el tanque elevado ya está construido físicamente, está en uso y está en perfectas condiciones, no se diseñó un tanque nuevo.

El tanque de almacenamiento de la colonia San Antonio posee un volumen de 266 metros cúbicos, por lo que cubre con la demanda de la población de manera exitosa, siendo factible utilizar el tanque elevado existente sin ningún problema.

Figura 2. **Tanque de almacenamiento colonia San Antonio**



Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Bases de diseño

Para diseñar la red de distribución de agua potable de la colonia San Antonio, se cuenta con los siguientes datos:

Tabla V. **Bases de diseño**

Red de distribución	Circuito cerrado
Clima	Templado
Viviendas actuales	511 Viviendas
Densidad de población	6 hab/viv
Población actual	3 150 Habitantes
Población futura	4 976 Habitantes
Tasa de crecimiento	2,10 %
Periodo de diseño	22 años
Dotación	150 lts/hab/día
Factor día máximo	1,2
Factor hora máximo	2
Caudal medio diario	8,64 lts/s
Caudal máximo horario	17,29 lt/s
Caudal unitario de vivienda	0,01042 lt/s
Volumen del tanque	226 m ³
Tubería a utilizar	PVC
Constante de fricción del PVC	150
Velocidad mínima	0,40 m/s
Velocidad máxima	3 m/s
Presión mínima	10 m.c.a
Preisión máxima	40 m.c.a

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Red de distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías encargadas de suministrar agua potable a los consumidores. Estas tuberías van desde el tanque de almacenamiento hasta las líneas que conforman las conexiones domiciliarias. Existen tres tipos de redes de distribución.

- Ramales abiertos: Se compone de una línea principal de distribución en la que se conectan ramales secundarios. Este tipo de red suele ser muy económico, pero, presenta una gran desventaja, porque, si la red se corta, produce un problema de abastecimiento en el tramo posterior. Esta red se utiliza para abastecer lugares lejos de la fuente y cuyas características topográficas impiden la interconexión entre los ramales.
- Mallada: Este tipo de red se compone por un conjunto de tuberías, en mallas o circuitos cerrados, a través de la interconexión de los ramales. Este sistema suele ser muy seguro, y, se puede aislar un sector o circuito interno, sin cortar el flujo de agua en el resto de los circuitos, permitiendo mantener la presión en cualquier punto de la red. Se utiliza en lugares cuyas características topográficas permitan la interconexión de los ramales y se encuentren cerca de la fuente.
- Red combinada: Esta red es una combinación entre una red mallada y una ramificada. Por lo general, es una distribución mallada en el centro de la población y ramificada en los extremos. Se utiliza en población cuyas condiciones topográficas permiten realizar una red mallada, pero con algunas viviendas dispersas.

La elección del tipo de red de distribución óptimo, dependerá de la viabilidad, topografía del lugar y de la ubicación del tanque de distribución o puntos de alimentación. Para la red de distribución de agua potable de la colonia San Antonio, ubicada en la zona 9 del municipio de San Miguel Petapa, se diseñó una red mallada, que consta de 23 circuitos cerrados.

2.1.15.1. Cálculo hidráulico de la red de distribución

Para el diseño de la red de distribución de agua potable para la colonia San Antonio, se utilizó el método de aproximaciones sucesivas de Hardy-Cross. Este es un método iterativo que parte de la suposición de caudales iniciales para todos los tramos, los cuales se corrigen sucesivamente con un valor particular Q. Este método se fundamenta en el cumplimiento de dos leyes.

- Ley de continuidad de masa en los nudos: La suma algebraica de los caudales en cada nodo, debe ser igual a cero.
- Ley de conservación de la energía: La suma algebraica de las pérdidas de energía en todos los tramos, debe ser igual a cero. Es muy difícil que esta ley se cumpla, por lo que solo se corrigen los caudales que circulan en cada tramo.

Para este método se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones generales.

- Es conveniente que las direcciones de los caudales sigan la pendiente del terreno.
- En todos los nodos se debe cumplir con la ley de continuidad, la sumatoria de los caudales de entrada debe ser igual a la sumatoria de los caudales de salida.
 - $\sum Q_{\text{entrada}} = \sum Q_{\text{salida}}$

- Se determina el signo de los caudales; es recomendable tomar los caudales que circulan a favor de las agujas del reloj como positivos y los que circulan en contra como negativos.
- Dado que la ley de conservación de la energía difícilmente se cumple, se corrigen los caudales por la formula general.
-
- En los tramos compartidos por dos circuitos, se deberá aplicar las correcciones de los circuitos (ΔQ), pero con signo cambiado.
-
- Los circuitos se consideran compensando cuando el valor absoluto de todas las correcciones (ΔQ), sea menor al uno por ciento del caudal de entrada.

Procedimiento.

- Dividir la red en circuitos cerrados, asegurándose de que todos los tramos estén incluidos al menos en un circuito.
- Determinar los caudales en los puntos de consumo.
- Distribuir los caudales cumpliendo con la ley de continuidad.
- Asumir los diámetros para cada uno de los tramos.
- Aproximar los resultados obtenidos a los diámetros comerciales más próximos.

- Calcular, por medio de la fórmula de Hazen-Williams, la pérdida de carga para cada tramo.
- Para cada tramo, calcular la relación H_f/Q .
- Determinar las sumas algebraicas de las pérdidas de carga y de la relación H_f/Q .
- Calcular el valor de corrección de caudales (ΔQ).
- Corregir los caudales| sumándole algebraicamente los valores de corrección, para cada tramo.
- Repetir el proceso iterativo a partir del numeral 6, hasta que el valor absoluto de todas las correcciones sea menor al 1 % del caudal de entrada.
- Calcular los caudales finales.
- Calcular las pérdidas de carga finales.
- Calcular las presiones en la red.

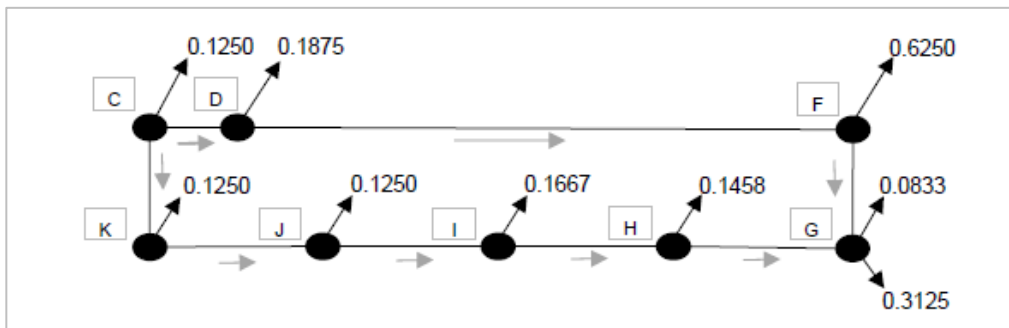
Se tomará como ejemplo el tramo C-D del circuito I. Los datos necesarios se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Distribución de viviendas**

Nodo	Cota (m)	Líneas secundarias	No. De casas conectadas	Caudal de consumo (lts/s)
C	100,25	1	6	0,125
D	98,24	2	9	0,1875
F	95,87	3	30	0,625
G	96,58	4	4	0,0833
		5	15	0,3125
H	97,38	6	7	0,1458
I	98,26	7	8	0,1667
J	99,36	8	6	0,125
K	101,05	9	6	0,125

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Circuito I**



Fuente: elaboración propia.

Se debe considerar para el caudal de entrada en el nodo C, existió un consumo previo en el tramo A-B, por lo que, el caudal de entrada en el nodo C se determinará de la siguiente manera:

$$Q_{AB} = \frac{\text{No. viviendas} * \text{No. hab} * \text{Dotación} * \text{fhm}}{86\ 400} \left(\frac{\text{lts}}{\text{s}} \right)$$

Donde:

Q_{AB} = Caudal de consumo en el tramo A-B (lts/s)

No. viviendas = Número de casas a servir en el tramo

No. hab = Número de habitantes por casa

Fhm = Factor hora máximo

$$Q_{AB} = \frac{10 * 6 * 150 * 2}{86\ 400} = 0,2083 \left(\frac{\text{lts}}{\text{s}}\right)$$

Obteniendo el caudal de consumo:

$$Q_e = Q_{MH} - Q_{AB}$$

Donde:

Q_e = Caudal de entrada lts/s

Q_{MH} = Caudal máximo horario

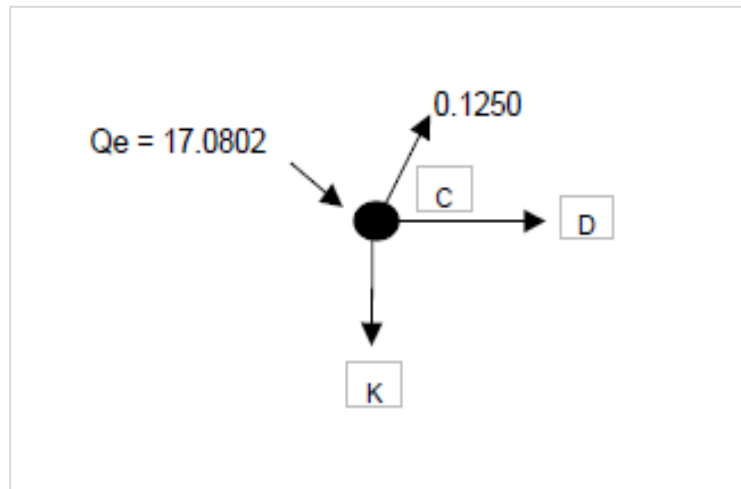
Q_{AB} = Caudal de consumo en el tramo A-B

Utilizando la ecuación para el caudal de entrada en C, se obtiene:

$$Q_e = 17,2885 - 0,2083$$

$$Q_e = 17,0802 \text{ lts/s}$$

Figura 4. **Diagrama de distribución de caudal en el nodo C**



Fuente: elaboración propia.

La distribución de caudales en cada nodo debe cumplir con la ley de continuidad.

$$\sum Q_{\text{entrada}} = \sum Q_{\text{salida}}$$

$$Q_e = 15,8302 + 1,1250 + 0,1250$$

$$Q_e = 17,0802 \text{ lts/s}$$

Se asumen los diámetros para cada uno de los circuitos:

$$D = 1,32 \text{ pulgadas}$$

$$D_{\text{comercial}} = 1,50 \text{ pulgadas}$$

Tabla VII. **Diámetros en el circuito I**

Tramo	Q	Altura	L	Diámetro	D.comercial
C-D	1,1250	2,01	37,46	1,3160	1,5
D-F	0,9375	2,37	248,93	1,7513	2
F-G	0,3125	0,71	64,6	1,1203	1,25
G-H	0,8125	0,8	64,82	1,5726	2
H-I	1,6458	0,88	64,94	2,0171	2
I-J	2,4792	1,1	65,13	2,2526	2,5
J-K	3,2500	1,685	74,55	2,3516	2,5
K-C	15,8302	0,795	77,24	5,0434	5

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams para el cálculo de la pérdida de carga por fricción ocurrida en el tramo C-D.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 37,46 * 1,1250^{1,85}}{150^{1,85} * 1,50^{4,87}} \text{ (m)}$$

$$H_f = 1,06 \text{ m}$$

Tabla VIII. **Pérdidas de carga en el circuito I**

Tramo	Q	L	D.comercial	Hf
C-D	1,1250	37,46	1,5	1,06
D-F	0,9375	248,93	2	1,24
F-G	0,3125	64,6	1,25	0,42
G-H	0,8125	64,82	2	0,25
H-I	1,6458	64,94	2	0,92
I-J	2,4792	65,13	2,5	0,66
J-K	3,2500	74,55	2,5	1,25
K-C	15,8302	77,24	5	0,83

Fuente: elaboración propia.

Calculo de la relación Hf/Q para el tramo C-D.

$$\frac{Hf}{Q} = \frac{1,06}{1,1250} = 0,9445$$

Tabla IX. **Relaciones Hf/Q para el circuito I**

Tramo	Q	L	D.comercial	hf	hf/Q
C-D	1,1250	37,46	1,5	1,06	0,9445
D-F	0,9375	248,93	2	1,24	1,3242
F-G	0,3125	64,6	1,25	0,42	1,3324
G-H	0,8125	64,82	2	0,25	0,3053
H-I	1,6458	64,94	2	0,92	0,5574
I-J	2,4792	65,13	2,5	0,66	0,2671
J-K	3,2500	74,55	2,5	1,25	0,3849
K-C	15,8302	77,24	5	0,83	0,0524

Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos todos los resultados, se procede a realizar el balance de caudales por el método de Hardy Cross. Se debe considerar la dirección de cada caudal, tomando como negativos los caudales que circulan en contra de las agujas del reloj.

Tabla X. **Método de Hardy Cross para balance de caudales**

Primera Iteración								
Tramo	Q	L	D.comercial	hf	hf/Q	Delta	Otros Circ.	Q
C-D	1,125	37,46	1,5	1,06	0,94	0,1242		1,2492
D-F	0,9375	248,93	2	1,24	1,32	0,1242		10,617
F-G	0,3125	64,6	1,25	0,42	1,33	0,1242		0,4367
G-H	-0,8125	64,82	2	-0,25	0,31	0,1242	-0,4566	-11,450
H-I	-16,458	64,94	2	-0,92	0,56	0,1242	-0,3006	-18,223
I-J	-24,792	65,13	2,5	-0,66	0,27	0,1242	-10,765	-34,315
J-K	-3,25	74,55	2,5	-1,25	0,38	0,1242	0,1528	-29,730
K-C	-	77,24	5	-0,83	0,05	0,1242		-
	158,301							157,060
				$\Sigma=-$ 1,19	$\Sigma=$ 5,17			

Fuente: elaboración propia.

Realizar este procedimiento para cada uno de los circuitos. Para la colonia San Antonio se realizaron cuatro iteraciones por cada uno de los 23 circuitos que conforman la red de agua potable. Se considera terminado el procedimiento hasta que el valor absoluto de las correcciones (ΔQ), en todos los circuitos cerrados, sea menor al 1 % del caudal de entrada.

Tabla XI. **Resultados finales para el circuito I**

Tramo	Q	D.comercial	hf	Q
C-D	11,250	1,5	1,55	13,981
D-F	0,9375	2	1,94	12,106
F-G	0,3125	1,25	1,26	0,5856

Continuación de la tabla XI.

G-H	0,8125	2	-0,47	11,334
H-I	16,458	2	-1,35	20,829
I-J	24,792	2,5	-1,23	34,236
J-K	32,500	2,5	-1,11	30,787
K-C	158,302	5	-0,80	155,570

Fuente: elaboración propia.

Por último, se calculan las presiones piezométricas y las presiones en cada nodo del circuito. Las presiones en la red deben encontrarse entre los 10 y 40 metros columna de agua (m.c.a).

Tabla XII. Datos del tanque de distribución

Longitud de salida del tanque	9,4	m
Diámetro de tubería	4	in
Caudal de salida	18,11	L/s
Cota del tanque	114,25	m
Longitud del tanque al punto A	5	m
Diámetro de tubería de conducción	4	in
Pérdida del tanque	0,38	m
Cota piezométrica del tanque	113,8663	m
Cota piezométrica del punto A	113,6222	m
Altura del nodo C	100,25	m
Pérdida de carga en el nodo C	0,42	m

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de las presiones piezométricas y presiones en cada nodo se utiliza las siguientes ecuaciones.

$$CPz_k = CPz_j - Hf_k$$

Donde:

CPz_k = Cota piezométrica en el nodo deseado

CPz_j = Cota piezométrica en el nodo anterior

Hf_k = Pérdida de carga en el nodo deseado

$$P_K = CPz_K - H_K$$

Donde:

P_K = Presión en el nodo deseado.

CPz_k = Cota piezométrica en el nodo deseado

CPz_j = Altura del nodo deseado

$$CPz_C = CPz_A - Hf_C$$

$$CPz_C = 113,62 - 0,42 = 113,24$$

$$P_C = CPz_C - H_C$$

$$P_K = 113,24 - 100,25 = 12,99 \text{ m}$$

Tabla XIII. **Presiones y presiones piezométricas en el circuito I**

Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
C-D	1,5542	98,24	111,6863	13,4463
D-F	1,9427	95,87	109,7436	13,8736
F-G	1,2626	96,58	108,4809	11,9009
C-K	-0,8045	101,045	114,0449	12,9999
K-J	-1,1130	99,36	115,1579	15,7979
J-I	-1,2274	98,26	116,3853	18,1253
I-H	-1,3499	97,38	117,7353	20,3553
H-G	-0,4718	96,58	118,2071	21,6271

Fuente: elaboración propia.

2.1.16. Obras hidráulicas

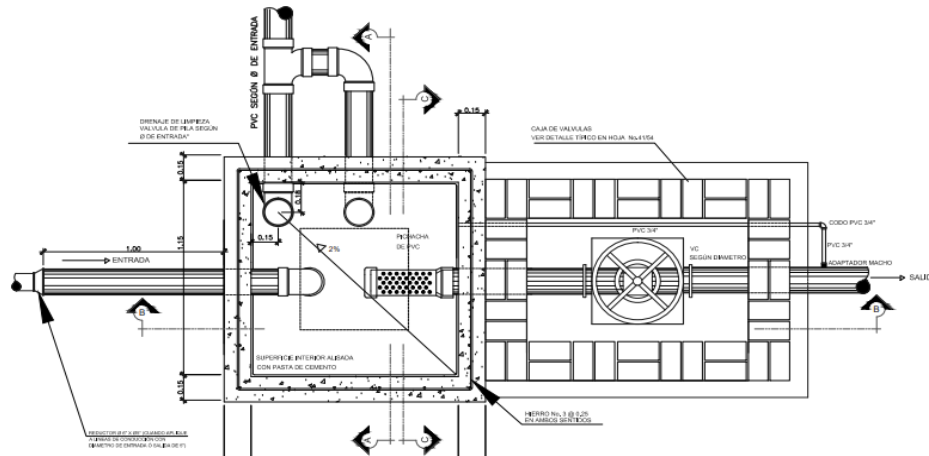
Las obras hidráulicas u obras de arte son estructuras que se utilizan cuando en algún tramo de la tubería, tanto en la línea de conducción como en la línea de distribución, se tienen características especiales o condiciones desfavorables. Estas obras brindan el buen funcionamiento, durabilidad y protección de todo sistema de abastecimiento de agua potable, lo que genera que se pueda prestar un servicio eficiente a la población. Dentro de estas obras se pueden encontrar:

- Caja rompe presiones

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, rompiendo o aliviando la presión en la línea de conducción o distribución. Su objetivo es evitar fallas en la tubería o accesorios, cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máxima de los mismos. La caja disipa la presión en el instante que el agua entra en contacto con la atmosfera y disminuye significativamente su velocidad, al tener un cambio drástico en de sección hidráulica. Este tipo de obra hidráulica se coloca antes que la presión estática sobre pase los 80 m.c.a. en la línea de conducción y los 60 m.c.a. en la línea de distribución.

La caja rompe presión se compone de una caja principal, una caja de válvula, un dispositivo de desagüe y uno de rebalse.

Figura 5. Detalle típico de caja rompe presión



Fuente: SEGEPLAN. *Detalles de válvulas.*

[http://sistemas.segeplan.gob.gt/share/SCHE\\$SINIP/PLANOS_DISENOS/184513-AHMDXVMXFR.pdf](http://sistemas.segeplan.gob.gt/share/SCHE$SINIP/PLANOS_DISENOS/184513-AHMDXVMXFR.pdf). Consulta: 20 de enero de 2022.

- Caja de válvulas o de registro

La caja de válvulas tiene como principal objetivo proteger de cualquier peligro las válvulas que se instalen en el sistema, por otra parte, estas se emplean para tener el control de las válvulas y así poder manejar el caudal para aislar algún sector que necesite mantenimiento o que sufriera algún daño, las dimensiones de estas cajas será en fusión de las dimensiones de las válvulas que se instalen, estas cajas deberán de considerar tener el espacio necesario para que la operación y mantenimiento sea fácil de realizar.

- Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es controlar los fluidos en un sistema de tuberías. Existen distintos tipos de válvulas, entre ellas se pueden encontrar:

- Válvulas de compuerta

La válvula de compuerta es una válvula de interrupción que tiene como función aislar en determinado momento alguna sección de la red de tuberías, con el fin de efectuar alguna reparación, inspección o mantenimiento.

Figura 6. **Válvula de compuerta**



Fuente: catálogo, Ferretería EPA S.A.

- Válvulas de globo

Las válvulas de globo se emplean en las conexiones domiciliarias, tanto para suspender temporalmente el servicio como para regular el caudal.

- Válvulas de flotador

Las válvulas de flotador se emplean dentro de las cajas rompe-presión de una tubería de distribución para suspender el flujo cuando el agua dentro de la caja alcanza un nivel máximo, evitando así el desperdicio del agua.

- Válvulas automáticas de aire

El aire disuelto en el agua, o aquel que quede atrapado dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos altos del perfil de la tubería. La cantidad de aire que puede acumularse reduce la sección de la tubería y, por ende, su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede ser tanta que llega a impedir completamente la circulación del agua. Las válvulas automáticas de aire se escogen en base a la presión de servicio en los puntos altos donde se estima que debe colocarse una.

- Pasos aéreos y zanjones

Cuando es necesario salvar una depresión del terreno o atravesar un río es necesario emplear un paso aéreo. Si la depresión no es muy grande, se puede salvar mediante el denominado paso de zanjón.

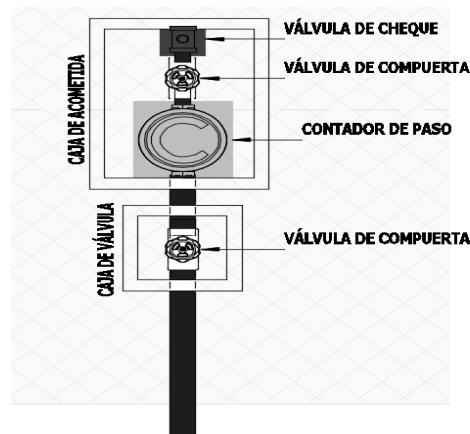
- Conexiones domiciliar o predial

Este tipo de conexión no es más que la tubería y los accesorios que llevan el servicio de agua desde la red de distribución al interior de la vivienda, esta debe ser instalada continuas al cerco de las viviendas para que el costo de realizar estas conexiones no sea tan elevado. En otras palabras por medio de esta conexión los habitantes tendrán el acceso al agua potable en sus viviendas, a través de un grifo el cual se instala dentro de lote o predio con el cual cada familia pueda proveerse del vital líquido.

Esta conexión cuenta con diferentes componentes que como mínimo debe de poseer:

- Tubería PVC.
- Llave de paso de bronce: Esta permite regular o cerrar el paso del agua, se instala realizando un corte en la tubería de PVC “y utilizando dos adaptadores machos de PVC.
- Te reductora, Deberá ser de PVC que ayuda a reducir el diámetro de la línea principal al diámetro de la conexión domiciliar.
- Contador o medidor de grifo múltiple.
- Tubería PVC.
- Válvula de compuerta.
- Niple PVC.
- Válvula de cheque.

Figura 7. **Detalle típico de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.17. Presupuesto del proyecto

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto para este proyecto.

Tabla XIV. Presupuesto para el diseño del proyecto

No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	C. TOTAL
	PRELIMINARES				
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1,00	GLOBAL	Q1 716,68	Q1 716,68
2	LIMPIEZA Y ZANJEO	1 200	M3	Q78,82	Q94 584,00
3	REMOCIÓN DE PAVIMENTO Y ACARREO	3 600	M2	Q18,25	Q65 700,00
4	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN				
4.1	Tubería PVC ø 1" 160 PSI	34	UNIDAD	Q65,80	Q2 237,20
4.2	Tubería PVC ø 1 1/4" 160 PSI	15	UNIDAD	Q76,41	Q1 146,15
4.3	Tubería PVC ø 1 1/2" 160 PSI	310	UNIDAD	Q94,55	Q29 310,50
4.4	Tubería PVC ø 2" 160 PSI	164	UNIDAD	Q128,85	Q21 131,40
4.5	Tubería PVC ø 2 1/2" 160 PSI	57	UNIDAD	Q210,65	Q12 007,05
4.6	Tubería PVC ø 3" 160 PSI	69	UNIDAD	Q243,71	Q16 815,99
4.7	Tubería PVC ø 4" 160 PSI	66	UNIDAD	Q380,26	Q25 097,16
4.9	Tubería PVC ø 6" 160 PSI	53	UNIDAD	Q775,00	Q41 075,00
5	ACCESORIOS	1	GLOBAL	Q4 676,79	Q4 676,79
6	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 1"	8	UNIDAD	Q3 035,60	Q24 284,80
7	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 1.25"	4	UNIDAD	Q4 277,10	Q17 108,40
8	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 1.50"	14	UNIDAD	Q4 702,85	Q65 839,90
9	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 2"	5	UNIDAD	Q4 918,85	Q24 594,25
10	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 2.5"	1	UNIDAD	Q5 048,74	Q5 048,74
11	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 3"	1	UNIDAD	Q5 512,85	Q5 512,85
12	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 4"	3	UNIDAD	Q6 206,76	18 620,28
13	VÁLVULA DE COMPUERTA ø 6"	1	UNIDAD	Q7 807,85	Q7 807,85
14	ADAPTADOR MACHO ø 1"	16	UNIDAD	Q2,22	Q35,56
15	ADAPTADOR MACHO ø 1.25"	8	UNIDAD	Q2,40	Q19,20
16	ADAPTADOR MACHO ø 1.50"	28	UNIDAD	Q3,02	Q84,58
17	ADAPTADOR MACHO ø 2"	10	UNIDAD	Q5,10	Q51,00
18	ADAPTADOR MACHO ø 2.5"	2	UNIDAD	Q15,03	Q30,05
19	ADAPTADOR MACHO ø 3"	2	UNIDAD	Q16,05	Q32,09
20	ADAPTADOR MACHO ø 4"	6	UNIDAD	Q22,86	Q137,13
21	ADAPTADRO MACHO ø 6"	2	UNIDAD	Q131,08	Q262,15

Continuación tabla XIV.

22	CONEXIÓN PREDIAL	607	UNIDAD	Q816,30	Q495 494,10
23	RELLENO DE ZANJA	1 440	M3	Q906,10	Q1 304 784,00
TOTAL					Q2 285 244,85

Fuente: elaboración propia.

2.1.18. Evaluación financiera

Presentación de la evaluación financiera de este proyecto.

2.1.18.1. Valor presente neto (VPN)

Se utiliza como método de comparación entre distintas alternativas de inversión. Consiste en transformar todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, a valores actuales, para obtener la rentabilidad del proyecto al término del período de funcionamiento; la tasa de interés corresponde a la tasa de rendimiento mínima atractiva. En el caso de este proyecto se utilizó una tasa de rendimiento del 13 %. Para determinar el valor presente neto se utiliza la siguiente fórmula:

$$VPN = VP_b - VP_c$$

Donde:

VPN = Valor presente neto

VP_b = Valor presente de beneficios

VP_c = Valor presente de costos

Con el objetivo de tener una buena interpretación de este valor, se consideran tres posibles resultados los cuales pueden ser:

VPN > 0; la inversión es recuperada, se obtiene rentabilidad y ganancia.

VPN = 0; la inversión se recuperada, se obtiene rentabilidad.

VPN < =0; se debe evaluar la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Para el proyecto de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio:

n = 22 años

i = 13 %

ejecución de la obra = Q 2 285,244,85

personal de operación y sueldo = (4) (Q 3 500,00 c/u) / mes

Personal de mantenimiento = (2) (Q 2 900,00) / mes

Insumos, pago de servicios = Q 8 000 / mes

Tarifa = 125/ mes

Se procede a calcular el VP beneficios con la siguiente ecuación:

$$VP_B = F * \left(\frac{1}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

Donde:

VP_B= valor presente de beneficios.

F = valor de pago único al final del periodo de la operación o valor de pago futuro

i = tasa de interés de cobre por la operación o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n = Periodo de tiempo que pretenda la duración de operación.

El cálculo se muestra a continuación:

$$VP_B = 2\,285\,244,85 * \left(\frac{1}{(1 + 13\%)^{22} - 1} \right)$$

$$VP_B = 166\,637,96$$

Se procede a calcular el VP costos con la siguiente ecuación:

$$VP_C = A * \left(\frac{1}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

Donde:

VP_C = valor presente de costos.

A = valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso

i = tasa de interés de cobre por la operación o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n = Periodo de tiempo que pretenda la duración de operación.

El cálculo se muestra a continuación:

$$VP_C = 335\,100,00 * \left(\frac{1}{(1 + 13\%)^{22} - 1} \right)$$

$$VP_C = 24\,435,19$$

Teniendo el VP tanto de los beneficios y de los costos se calcula el VPN con la fórmula antes descrita, el cálculo se muestra abajo:

$$\text{VPN} = 166\,637,96 - 24\,435,19$$

$$\text{VPN} = 142\,202,77 > 0$$

El VPN es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable económicamente, esto representa que habrá un beneficio para la población de la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa.

2.1.18.2. Tasa interna de retorno (TIR)

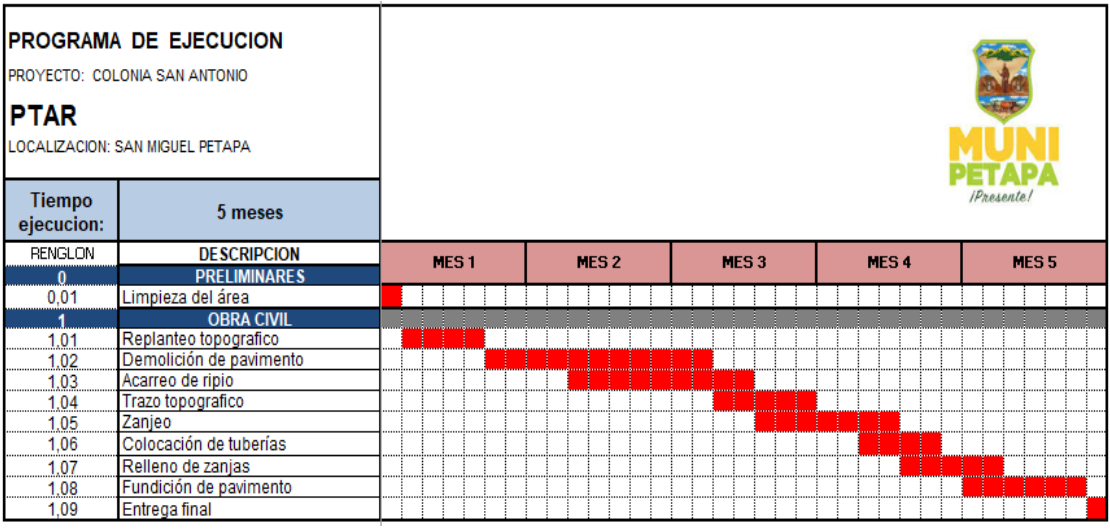
Es la tasa de rendimiento requerida, se utiliza para calcular el rendimiento de una inversión. Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa.

Debido a que el proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva, por lo que, se procede a tomar el valor de TIR igual a 4,0 %. Esto refleja el costo que el estado debe realizar para la ejecución del proyecto, este valor es establecido por medio de la tasa libre de riesgo del país, siendo la inversión en los proyectos públicos.

2.1.19. Cronograma de ejecución

De acuerdo a este cronograma se muestra en la página siguiente el tiempo de ejecución del proyecto.

Figura 8. Cronograma de ejecución del proyecto



Fuente: elaboración propia.

2.1.20. Mantenimiento del sistema

El mantenimiento del sistema es de vital importancia debido a que ningún diseño o sistema de agua potable se puede limpiar por sí mismo o de manera adecuada, por lo que se necesita personal específico encargado del mantenimiento de los sistemas.

- Existen dos clases de mantenimiento, los cuales son de vital importancia aplicarlos en conjunto, estos son:
 - Mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones que se ejecutan con anticipación antes que se produzcan daños en el sistema. El mantenimiento preventivo disminuye costos y evita problemas a la comunidad.

- Mantenimiento correctivo este tipo de mantenimientos se realiza para la reparación de daños de los equipos o instalaciones, causados por accidentes o por deterioro normal debido al uso.
- Dentro de las actividades de mantenimiento principales para el buen funcionamiento del diseño están:
 - Consultar a la población si existe algún problema en la presión del agua dentro de sus viviendas.
 - Revisar el funcionamiento de las válvulas haciéndolas girar lentamente, de manera que puedan ser cerradas o abiertas de manera sencilla. Observar si hay fugas en las válvulas y si sus piezas externas están completas y en buen estado, cambiar toda la válvula si es necesario.
 - Pintar o retocar, con pintura anticorrosivo, las válvulas y accesorios que están a la vista en la red de distribución, para evitar corrosión.
- En las uniones en tubería PVC, se recomienda:
 - Revisar la tubería y los accesorios de manera que no se encuentren no tapados, perforados o quebrados.
- En el sistema de desinfección:
 - Revisar diariamente o por lo menos 3 veces por semana la aplicación de cloro para asegurar la desinfección del agua.

- Realizar estudios del agua dos veces al año.
- En la bomba:
 - Informe de operación (mensual): elaborar y entregar un informe de operación de la bomba para asegurar el correcto funcionamiento.
 - Aforo de caudal: aforar el caudal del pozo, cada tres meses, para observar si ha disminuido su capacidad y cantidad disponible.
 - Revisión de estructuras de apoyo: revisar el sello sanitario del pozo, observando que no haya fisuras o aberturas a su alrededor que pudieran permitir filtraciones de agua.
 - Reposición de equipo (cada vez que sea necesario): reposición de estructuras y reposición de equipo dañado.
- En el tanque de distribución:
 - Limpiar la válvula de desagüe del tanque: limpiar con cepillo de fibra o metálico las paredes y el piso, sacar la suciedad. Para desinfectar se usan 2 gramos de hipoclorito de calcio (cloro) por metro cúbico de agua, se revuelve y se echa al tanque lleno. Se deja 2 horas; después se desagua el tanque, y una vez que se ha vaciado, se pone a funcionar nuevamente.
 - Revisión de válvulas del tanque (trimestral): reciclar el estado externo de las válvulas, fuga, rotura y falta de piezas para reparar o

cambiar. Se accionan las válvulas para probar si cierran y abren bien.

- Pintura de elementos metálicos (anual): si el tanque es metálico se pinta usando pintura no venenosa, sin plomo. En el tanque elevado, las tuberías y demás accesorios metálicos se deben mantener pintados.

2.1.21. Impacto ambiental

El desarrollo de los proyectos, a pesar de ser para beneficio de la comunidad generan un impacto ambiental a considerar, así como riegos en la salud pública, por lo cual es necesario que se realice una evaluación de impacto ambiental previo a su realización.

Según el Acuerdo Gubernativo No. 137-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Estudio de evaluación de impacto ambiental - EIA-, es el documento técnico que permite identificar y predecir, con mayor profundidad de análisis, los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o actividad que por sus características se ha considerado como de moderado y de alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental según el Listado Taxativo.

Así mismo, el Acuerdo Ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), contiene un listado taxativo que se menciona en su definición. Este permite la clasificación de proyectos en función del impacto ambiental de los mismo. La categoría para este proyecto es la C que corresponde a actividades de bajo impacto ambiental, siendo un proyecto de Mejoramiento, ampliación, rehabilitación de sistemas de agua potable, por lo que es necesario

el llenado del formulario de Evaluación Ambiental Inicial (forma DVGA-GA-R-002).

2.2. Localización predial y uso de suelo en el sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa

Descripción de la localización y uso de suelo en el sector 1 de Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa.

2.2.1. Descripción teórica

Según el plan de ordenamiento territorial, se realiza la descripción teórica.

2.2.1.1. Plan de ordenamiento territorial

De acuerdo con la Guía Metodológica para la Elaboración del Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial en Guatemala. El plan de ordenamiento territorial (POT) es un cuerpo normativo básico de planificación del desarrollo, cuya finalidad es delimitar las áreas de gestión territorial. Sus directrices y lineamientos normativos orientan la toma de decisiones, en función de la vocación del suelo, la tasa de crecimiento de los lugares poblados y del desarrollo urbanístico.

La Municipalidad de San Miguel Petapa, por medio de la oficina de Catastro, ha trabajado en las bases para generar un plan de ordenamiento territorial, determinando la identificación y delimitación predial, utilizando para esto el *software* QGIS.

2.2.1.2. Sistemas de información geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica (SIG), son herramientas de análisis que ofrecen la posibilidad de identificar las relaciones espaciales de los territorios que se estudian, utilizando la información de manera digital y herramientas informáticas como programas. La información en el SIG aparece georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado, generalmente UTM.

Estos sistemas funcionan como una base de datos con información geográfica, ambiental y socioeconómica de manera que se puedan consultar las características de un determinado espacio como: mapas de carreteras, sistemas de identificación de parcelas o densidad de población; dentro de los objetos gráficos o polígonos de un mapa digital, de esta forma, los objetos quedan ligados a una base de datos ordenados en tablas. Dentro de los SIG, señalando un objeto se conocen sus atributos y con la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

El objetivo principal de un SIG es la gestión de información espacial. El sistema trabaja en diferentes capas almacenando la información de manera independiente en cada una de ellas, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando la toma de decisiones.

Dependiendo el tipo de información con la que mayormente trabaja el *software* SIG, se pueden encontrar dos tipos; SIG ráster y SIG vectorial. El sistema de información geográfica ráster, consiste en una malla rectangular con datos generalmente cuantitativos, mientras que, el sistema vectorial utiliza un conjunto de puntos, líneas o polígonos que modelizan un aspecto del medio,

siendo más adecuados para modelizar aspectos poco variados, en su mayoría cualitativos.

2.2.1.3. Base Inmobiliaria Georreferenciada (BIG)

Es una herramienta basada en los sistemas de información geográfica (SIG), que permite definir y ubicar el conjunto de propiedades que conforman el territorio, brindando información valiosa para fortalecer el catastro municipal, identificar áreas en zonas de riesgo y hacer eficiente el uso de los servicios públicos a los usuarios, además de promover los inventarios de los servicios público municipales como agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, recolección de basura, licencia de construcción, impuesto sobre el inmueble, entre otros.

2.2.1.4. Quantum GIS

Es un sistema de información geográfica de *software* libre y código abierto para distintas plataformas como Unix, Windows y OS X, con una interfaz gráfica fácil de utilizar. El objetivo principal del proyecto es proporcionar un visor de datos SIG, admitiendo diversos formatos de datos ráster y vectoriales. Qgis puede representar gráficamente la información geográfica obtenida a través de tres tipos de capas, de tipo *Shape*, que actúa como vectores con forma de punto, línea o polígono con la localización geográfica.

QGIS proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos y diseñar mapas imprimibles. Algunas de sus características pueden ser:

- Soporte para una importante cantidad de números de tipos de archivos ráster.
- Manejo de archivos espaciales *shape files*.
- Soporte para la extensión espacial *PostGis*.

2.2.1.5. Georreferenciación

La georreferenciación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Existen por tanto dos sistemas de coordenadas: el sistema origen y el sistema destino.

Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales en ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema. La georreferenciación se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG), para relacionar información vectorial e imágenes ráster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésico de referencia, o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos.

Para poder realizar una georreferenciación es necesario identificar puntos homólogos en los sistemas de coordenadas origen y destino, lo que permite calcular los parámetros de la transformación. Algunos de los factores que afectan a la calidad de la rectificación son el número de puntos homólogos identificados y la distribución de estos puntos en la superficie del mapa.

2.2.2. Sistemas de coordenadas

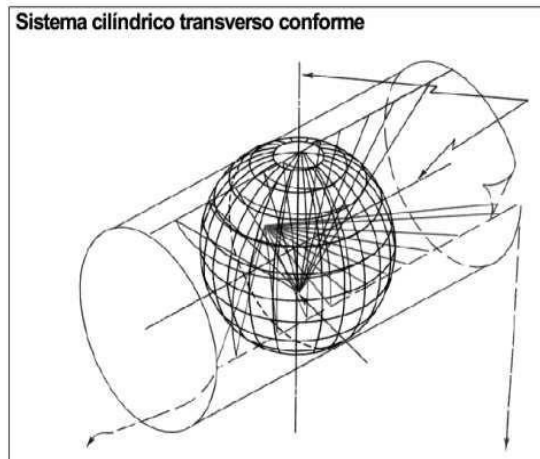
En los siguientes enunciados se describe el sistema de coordenadas a utilizar.

2.2.2.1. Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)

Se utiliza para referenciar cualquier punto de la superficie terrestre, utilizando para ello un tipo particular de proyección cilíndrica para representar la Tierra sobre el plano. El cilindro es tangente a la superficie terrestre según un meridiano, haciendo que el eje del cilindro coincida con el eje ecuatorial.

La proyección cilíndrica permite que los paralelos y los meridianos aparezcan representados mediante líneas rectas formando una cuadrícula, convirtiendo el sistema de coordenadas de esférico a rectangular. Las distancias son fáciles de medir y los rumbos y direcciones se marcan con facilidad. Sin embargo, no existe uniformidad en la escala de distancias debido a que se agrandan a medida que se separan del punto de tangencia esfera-cilindro en la dirección perpendicular al cilindro.

Figura 9. **Proyección cilíndrica**



Fuente: ARISTASUR. *Sistema de coordenadas geográficas UTM*. 2014.
<https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>. Consulta:
diciembre de 2020.

Para solucionar el problema de la deformación de la proyección UTM a medida que se alejan del meridiano de tangencia se tomó la decisión de subdividir la superficie terrestre en 60 husos iguales de 6 grados de longitud. Con ello resultan 60 proyecciones iguales, pero cada una con su respectivo meridiano central. Los husos se numeran del 1 al 60 comenzando desde el antimeridiano de Greenwich (180°) hacia el este. De este modo el huso comprendido entre 180° W y 174° W es el primero.

Dentro de cada huso se establece una división en zonas. Cada zona posee 8° de Latitud y 6° de Longitud, y se designa con el número de su huso y una letra mayúscula. Para ello se ha seguido la dirección de sur a norte y se ha empezado por la letra C siguiéndose el alfabeto suprimiéndose las vocales y las letras que pueden confundirse con un número (la B, la O y la letra P). Las zonas entre la C

y la L corresponden al hemisferio sur y las zonas entre la M y la X al hemisferio norte.

Las coordenadas UTM suelen expresarse en metros o kilómetros, siendo preferible hacerlo en metros en aplicaciones SIG para evitar la aparición de decimales.

2.2.2.2. Coordenadas GTM (Guatemala Transversal Mercator)

En Guatemala se utilizaba el sistema de coordenadas UTM como la proyección estándar en los mapas y en los sistemas de levantamientos terrestres georreferenciados. Sin embargo, esta proyección divide a Guatemala en dos zonas UTM, la 15 y la 16, presentando inconvenientes de traslapes y falta de continuidad de una zona a otra. Debido a la creciente implementación y uso de los sistemas de información geográfica se hace cada vez más necesario contar con una proyección continua en toda Guatemala, que permita representar de una forma uniforme todo el territorio nacional; por lo que se ha desarrollado la Proyección Guatemala Transversal Mercator (GTM).

La proyección GTM modificó únicamente el origen de las coordenadas X (meridiano central) y el factor de escala, de manera que se mejore la precisión para todo tipo de levantamientos topográficos, geodésicos, catastrales, así como para toda la cartografía en general. Dichas modificaciones se pueden encontrar en la norma COGUANOR NTG 211001.

Tabla XV. Parámetros que definen la proyección Guatemala Transversa de Mercator

Nombre del elemento	Entrada	Comentario
Código de la clase del sistema de referencia de coordenadas	1	El número 1 se refiere a un sistema de referencia de coordenadas con todos los datos de definición dados al completo
Identificador del sistema de referencia de coordenadas	GTM	
Identificador del datum	WGS84	
Tipo de datum	Geodésico	
Punto de anclaje del datum	Centro de la tierra	
Notas sobre el datum		
Identificador del elipsoide	WGS84	
Semieje mayor del elipsoide	6378137.0 m	
Forma del elipsoide	Verdadera	
Achatamiento	1/298.257223563	
Identificador del sistema de coordenadas	Mercator Transverso	
Tipo del sistema de coordenadas	Proyectadas	
Dimensión del sistema de coordenadas	2	
Nombre del eje del sistema de coordenadas	N	Estos parámetros se refieren al valor y de las coordenadas proyectadas
Dirección del eje del sistema de coordenadas	Norte	
Identificador de unidades del eje del sistema de coordenadas	M	

Continuación de la tabla XV.

Nombre del eje del sistema de coordenadas	E	Estos parámetros se refieren al valor x de las coordenadas proyectadas
Dirección del eje del sistema de coordenadas	este	
Identificador de unidades del eje del sistema de coordenadas	m	
Identificador de la operación de coordenadas	Mercator Transversa	
Fórmula del método de operación de coordenadas		
Número de parámetros del método de operación de coordenadas	5	Estos parámetros son los valores que se deben usar para definir la proyección GTM en los distintos programas de cálculo usados para la transformación.
1 Nombre del parámetro de operación de coordenadas	Latitud de origen	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0 grados	
2 Nombre del parámetro de operación de coordenadas	Longitud de origen	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	-90.5 grados	
3 Nombre del parámetro de operación de coordenadas	Factor de escala en el meridiano central	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0.9998	
4 Nombre del parámetro de operación de coordenadas	Falso norte	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0 metros	
5 Nombre del parámetro de operación de coordenadas	Falso este	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	500000 metros	

Fuente: Norma Nacional para Sistemas de Proyección para Información Geoespacial para Guatemala. *GTM COGUANOR NTG 211001*. p. 87.

2.2.3. Levantamiento de información para la creación de base de datos

Para el proyecto desarrollado, se realizó el levantamiento de información con ayuda de la aplicación Mapillary y se digitalizaron los predios correspondientes a la zona 7 del municipio de San Miguel Petapa utilizando Civil 3D as AutoCAD 2015. La aplicación Mapillary utiliza fotografías georreferenciadas tomadas en campo debido que la visualización es a nivel de la calle, con esto se facilita el levantamiento de información para posteriormente poder crear mapas con información predial.

Se creó una base de datos, con ayuda del sistema de información geográfica Qgis, por medio de una capa predial tipo polígono, que almacena información como el número de predio, categoría y subcategoría, localización y uso principal del suelo por medio de una tabla de atributos correspondiente a los predios de dicho territorio.

La información de la zona 7 que se adquirió como base para la asignación de datos en los predios, para la digitalización y localización, fue donada por parte del Departamento de Catastro y Administración de IUSI, siendo información por parte de trabajos del pago de IUSI.

2.2.3.1. Visitas de campo y alternativas de levantamiento de información

Se realizaron varias visitas de campo previas al levantamiento de información para delimitar el área que comprende la zona 7 de San Miguel Petapa y poder conocer los poblados, colonias y residenciales de la misma. Así mismo verificar que todas las zonas de vivienda tuvieran calles de acceso vehicular.

Durante las visitas de campo realizadas se pudieron coordinar los permisos para acceder a las diferentes áreas de vivienda que contaran con una garita principal. Cabe mencionar que dichas garitas solo permitieron el ingreso peatonal y fue necesario el uso de chaleco municipal proporcionado por el departamento de Catastro de la Municipalidad de San Miguel Petapa.

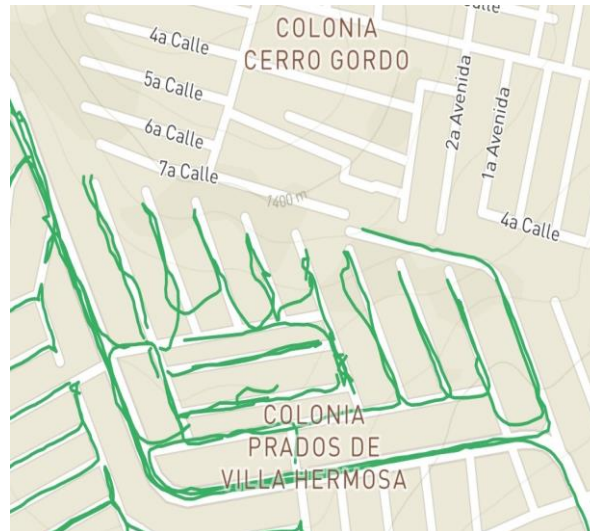
Posterior a las visitas de campo se realizó el levantamiento de información utilizando la aplicación Mapillary, la cual facilitó la obtención de información predial. Sin embargo, en ocasiones fue difícil la visualización de las fotos desde la aplicación, por lo que, se utilizaron alternativas, para el levantamiento de información, como Google Earth Pro y ortofotos tomadas en años anteriores.

2.2.3.2. Tecnología y herramientas para la georreferenciación

Las tecnologías relacionadas con la georreferenciación brindan la posibilidad de representar diferentes entornos del mundo real proporcionando ubicación y visualización espacial. Existen distintas herramientas que permiten realizar el trabajo de georreferenciación de una manera sencilla y de calidad. Algunas de estas herramientas pueden ser:

Mapillary, es una herramienta que ayuda al levantamiento de fotografías georreferenciadas, cuyo objetivo principal es proporcionar imágenes y datos cartográficos a nivel de calle de cualquier parte del planeta. El mapeo a pie de calle mediante imágenes es realizado por los propios usuarios de la aplicación, brindando la información necesaria para que esta herramienta se encargue de conectar las imágenes con los lugares en los que fueron tomadas y en el tiempo en el que se registraron creando un mapa visual del entorno.

Figura 10. **Mapeo del sector 1 colonia Prados de Villa Hermosa**



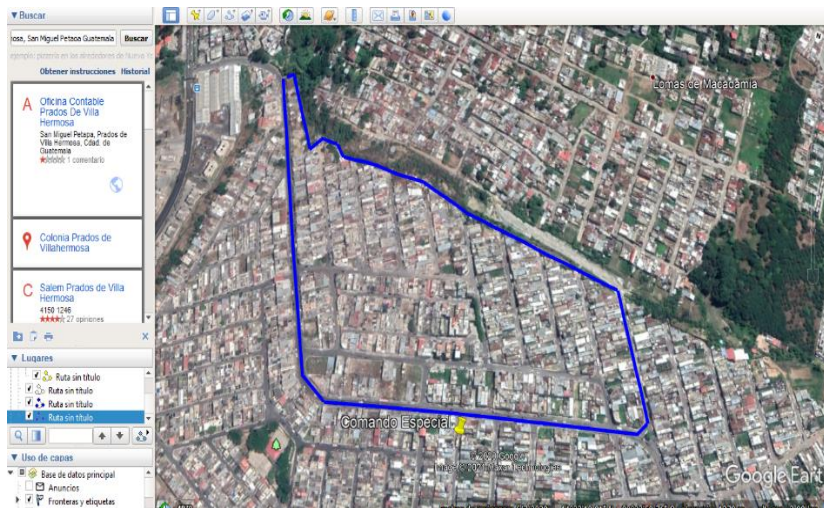
Fuente: elaboración propia, empleando Mapillary.

Google Earth Pro, es una herramienta que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía basado en imágenes satelitales. El mapa de Google Earth Pro está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por satélites, fotografías aéreas e información geográfica proveniente de modelos de datos SIG. Con el uso de esta herramienta se pueden obtener los límites y cantidad de predios, fotografías en alta definición, así como imagen satelital y ubicación de la zona en trabajo.

Google Street View, es una herramienta que proporciona panorámicas permite tener imagen de forma panorámica a nivel de calle (360 grados de movimiento horizontal y 290 grados de movimiento vertical), permitiendo a los usuarios ver partes de las ciudades seleccionadas y sus colindantes. Esto ayuda a determinar los limitantes de una zona en específico, identificar áreas, puntos,

determinar el uso de suelo, siendo una base para realizar trabajos de georreferenciación.

Figura 11. **Delimitación y vista del sector 1 de la zona 7, San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro-2020.

2.2.3.3. Reconocimiento de la zona

Para el correcto levantamiento de información geográfica es necesario realizar una localización del área de Estudio. Esto se realizó a través de mapas, proporcionados por el departamento de Catastro de la municipalidad de San Miguel Petapa, con los que se pudo delimitar el área y las colindancias del sector 1 de la zona 7. Posteriormente se trazó la ruta por las calles y avenidas de la colonia para realizar el levantamiento tomando en cuenta el tiempo adecuado para realizarlo. Se consideraron los sectores en peligro de acuerdo a información por parte de la Policía Municipal.

Debido a que el sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, zona 7 del municipio de San Miguel Petapa tiene una extensión de 5,872 K^2 fue necesario realizar el recorrido de las calles abiertas de manera vehicular. Debido a que dentro de la colonia existen residenciales internos, se realizó el mapeo de los mismos de manera peatonal.

2.2.3.4. Georreferenciación predial del sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, zona 7 con las características del uso de suelo

La colonia Prados de Villa hermosa está dividida en 12 sectores y se ubica en la zona 7 del municipio de San Miguel Petapa. El sector 1 está subdividido por 3 áreas, siendo estas: San Andrés, San Andrés 1 y San Andrés 2. Dichas áreas son divididas por lotificaciones, estas lotificaciones son las subdivisiones físicas delimitadas por vías de tránsito vehicular o peatonal. La oficina de Catastro de la municipalidad es la encargada de la delimitación y numeración de las manzanas.

Se digitalizaron los predios correspondientes al sector 1 mediante el programa Civil 3d de AutoCAD utilizando una ortofoto, de dicha colonia, proporcionada por el Departamento de Catastro para posteriormente dibujar los polígonos que representan cada uno de los predios. Se trasladó los polígonos al programa Quantum GIS para la creación de una base de datos y una tabla de atributos asociada a los polígonos correspondientes. Una vez llena la información general en la tabla de atributos se revisa que no haya ningún problema en los polígonos trazados, se utiliza la herramienta vista de calle de la aplicación Mapillary, para completar la clasificación del suelo en categoría y subcategoría específica.

De acuerdo con la Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal, el territorio se puede clasificar en cuatro tipos de categorías dependiendo el tipo de uso del suelo y el espacio que ocupa cada área. Las categorías de acuerdo a este pueden ser:

- Espacios con predominancia urbana
- Espacios con predominancia rural
- Espacios especiales
- Áreas de Protección

Para la clasificación de las categorías y subcategorías específicas del espacio/suelo se ha tomado como base el documento de SEGEPLAN del año 2011, el cual presenta una lista de los diferentes tipos de usos que pueden tener el suelo y la manera en que pueden ser clasificados. Dicha clasificación es:

Figura 12. **Clasificación: categorías y subcategorías específicas propuestas para el contexto nacional**

Clasificación del espacio/suelo		
Carácter general	Categorías (1:50000-1:25000)	Sub-categorías específicas (1:25000-1:5000)
Urbano	Residencial RES	Residencial baja densidad RES-BD Incluye: vivienda individual y/o unifamiliar, comercios aislados asociados, instalaciones públicas pequeñas, zonas verdes.
		Residencial alta densidad RES-AD Incluye: vivienda uni- y/o multifamiliar, comercio, instalaciones públicas, talleres no-perturbadores, zonas verdes.
		Zona Mixta RES-MX Incluye: Vivienda, comercios, industria, talleres, instalaciones públicas, transporte, zonas verdes.
	Comercial COM	Comercio COM-CO Incluye: comercio, servicios, institucional, gobierno, turismo, equipamientos públicos, transporte, viviendas aisladas, talleres, zonas verdes.
		Industria COM-IN Incluye: industria, equipamientos públicos, usos asociados, comercio aislado.

Continuación de la figura 12.

Rural	Núcleo rural - NUR	Zona Rural Residencial NUR-RE Incluye: vivienda, comercios pequeños asociados, instalaciones públicas/comerciales, zonas verdes, huertos familiares, ganado menor.
		Zona Rural Mixto NUR-MX Incluye: vivienda, comercios pequeños asociados, instalaciones públicas/comerciales, zonas verdes, huertos familiares, ganado menor, industria, comercio, equipamientos públicos.
	Agricultura: AGR	Agricultura campesina AGR-CA Incluye: agricultura, uso residencial familiar, artesanía, comercios pequeños.
		Agricultura comercial extensiva AGR-EX Aptitud agricultura extensiva, aptitud agroforestal, aptitud pecuaria, manejo especial, extracción extensiva familiar.
		Agricultura comercial intensiva AGR-IN Aptitud agricultura intensiva, aptitud agroforestal, aptitud pecuaria, manejo especial.
	Forestal: FOR	Bosques y vegetación natural, Bosques de coníferas, bosques mixtos, selvas tropicales, bosque secundario y pastizales naturales.
		Plantaciones forestales
	Zona de Producción sin predominancia agrícola PRO	Extracción PRO-EX Extracción intensa, Minería, Petróleo.
		Zona Rural Productivo PRO-PR Artesanía, comercio, equipamientos públicos, industria pequeña, producción con carácter especial.








Continuación de la figura 12.

Especial	Zona Especial ESP	Zona Especial Urbano ESP-UR (+definición) Zonas de uso especial (definición municipal p.ej. aeropuertos, terminal de buses, parques, instalaciones grandes, zona franca, educación/universidad, salud/hospital o de zonas mixtas de industria/comercio, centro comercial en la periferia etc.
		Zona Especial Rural ESP-RU (+definición) Tierras comunales, Ejidos municipales, Bosques comunales, Instalaciones públicas (salud/educación/casa comunitaria, iglesia etc.) .
		Gestión de Riesgo ESP-RI Zonas de recuperación y/o adaptación, áreas donde se aplican medidas de mitigación y/o reducción de vulnerabilidades.
		Transformación ESP-TR cambio de uso.
		Aprovechamiento Sostenible ESP-AS Uso de recursos naturales que no exceda su capacidad de regeneración (p. ej. agro forestaría sostenible.

Fuente: SEGEPLAN. Guía para la elaboración del plan de ordenamiento territorial *municipal*. p. 97-99.

Para una correcta clasificación y visualización de esta, se ha adoptado una codificación gráfica de acuerdo con trabajos previos realizados en San Miguel Petapa donde fueron unificados criterios con la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Esta clasificación fue adoptada con anterioridad, pero no se encuentra regularizada por ningún ente, siendo la siguiente codificación.

Tabla XVI. **Codificación gráfica de uso de suelo**

Subcategoría SEGEPLAN	Descripción	Color propuesta MGCS	Código de color		
			R	G	B
Residencial baja densidad (RES-BD)	Viviendas de uno y dos niveles		247	255	7
Residencial alta densidad (RES-AD)	Talleres no perturbadores, parqueos.		255	127	0
Zona mixta	Comercio y vivienda		250	0	171
Comercio (COM-CO)	Comercio puro		232	139	229
Industria (COM-IN)	Industria		135	7	167
Zona especial urbano (ESP-UR)	Terminal de buses, educación, iglesias, parques, zonas francas, industria/comercio, áreas verdes.		129	152	195
Zona rural residencial (NUR-RE)	Huertos familiares		26	5	183

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Digitalización de la información levantada

El proceso de digitalización se define como la transformación de información análoga a información digital. Este proceso permite manipular la información de manera más sencilla, utilizando herramientas como programas de computación para ello.

2.2.4.1. Traslado de información análoga al software libre Gis

La información obtenida de imágenes satelitales, vistas de calles, realizadas con la aplicación Mapillary, e información de levantamientos anteriores fue

digitalizada por medio del *software* libre Qgis. Este programa permite trabajar capas de tipo vectorial, siendo un formato sencillo que puede almacenar información en una tabla de atributos ligada a objetos espaciales; los cuales pueden ser puntos, polígonos y líneas. Este proyecto se realizó con capas tipo polígono, los cuales representaban cada uno de los predios del sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, ubicada en la zona 7 del municipio de San Miguel Petapa.

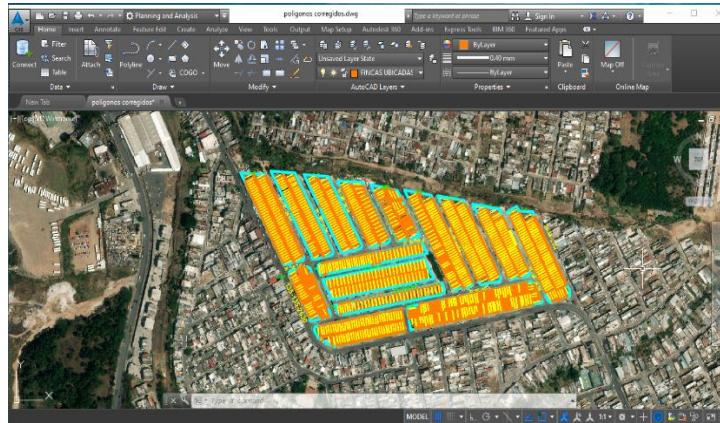
Luego de la creación de los polígonos se debió ingresar, de manera manual, la información obtenida a la tabla de atributos. Esta información comprende el número de predio (atribuido con anterioridad por el departamento de Catastro), la categoría y subcategoría del suelo, número de zona, división territorial, entre otros.

Una vez ingresada la información a la tabla de atributos, se realizó la separación por el código de colores (ref. tabla II), a cada uno de los predios. Esto es realizó automáticamente por el programa una vez ingresados los colores deseados. Qgis permite la creación de mapas para cada una de las capas trabajadas, siendo para este caso, cuatro mapas.

2.2.4.2. Dibujar geometrías: polígonos

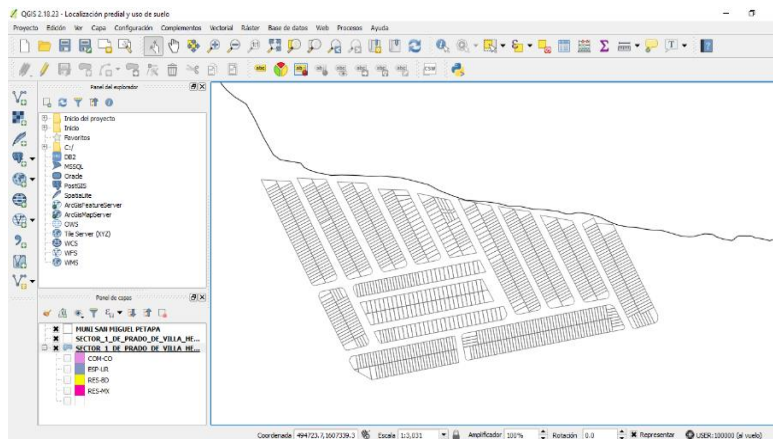
Los polígonos correspondientes a el sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, fueron trazados sobre una ortofoto (imagen satelital), proporcionada por el Departamento de Catastro, por medio del programa Civil 3D as AutoCAD 2015. Posteriormente se trasladaron al *software* Qgis, en donde se creó una capa *Shape* de los polígonos.

Figura 13. Realización de polígonos en Civil 3D



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D as, AutoCAD 2015. Municipalidad de San Miguel Petapa, Departamento de Catastro.

Figura 14. Realización de polígonos en Qgis



Fuente: elaboración propia, empleando Quantum QGIS. Versión 2.18.23.

2.2.4.3. Registrar tabla de atributos

La tabla de atributos es la base de datos del levantamiento de información SIG, debido a que toda la información recolectada irá en esta tabla. La tabla se compone de columnas llamadas campos y filas llamadas valores o registros. Cada una de estas contiene información ligada a cada uno de los polígonos creados. El software Qgis, utiliza una tabla de atributos que permite visualizar la información en una pestaña distinta a la pantalla principal.

Dentro de la asignación de información para los predios cargados, es necesario nombrar los diferentes campos a utilizar. Se llegó al consenso junto al Departamento de Catastro, el uso de los siguientes campos para la tabla de atributos:

Tabla XVII. **Tabla de atributos sector 1 Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa**

No.	Descripción de los campos	Abreviatura	Tipo	Longitud
1	Código de departamento	COD_DEP	Entero	10
2	Nombre de departamento	NOM_DEP	Texto	20
3	Código del municipio	COD_MUN	Entero	10
4	Nombre del municipio	NOM_MUN	Texto	30
5	Número de manzana	NUM_MZN	Entero	10
6	Número de predio	NUM_PRE	Entero	25
7	División territorial	DIV_TER	Texto	20
8	Nombre de división territorial	NOM_DIV	Texto	20
9	Subdivisión territorial	SUB_TER	Texto	20
10	Nombre de subdivisión territorial	NOM_SUB	Texto	50
11	Nombre de digitador	NOM_DIG	Texto	30

Continuación tabla XVII.

12	Categoría de clasificación de suelo	CAT_SUE	Texto	5
13	Subcategoría específica de clasificación de suelo	SCA_SUE	Texto	10
14	Uso específico	USO_ESP	Texto	50
15	Nombre del uso específico	NOM_USO	Texto	100
16	Numero de zona	NUM_ZON	Entero	2

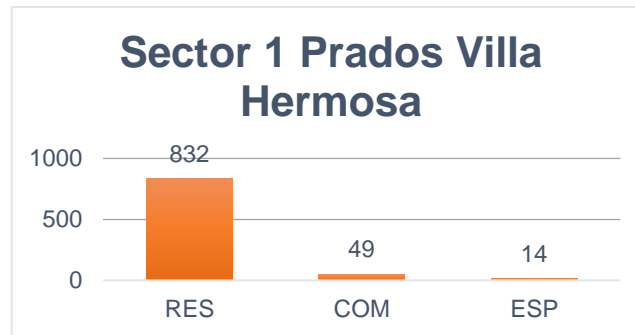
Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Conformación del área espacial del sector 1 de la colonia prados de Villa Hermosa, zona 7

El sector 1 de la colonia Prados de Villa Hermosa, zona 7 del municipio de San Miguel Petapa. Está compuesta por 15 manzanas y 895 predios dentro de toda su zona, por lo que es de vital importancia conocer el uso del suelo que se le da a cada predio, lo cual es de vital interés para un cobro de impuestos adecuado, seguridad y comodidad para los residentes. La colonia Prados de Villa Hermosa cuenta con diferentes tipos de residencias y comercios en su territorio, debido a esto se clasifica los predios para conocer de una manera más detallada y clara el tipo de uso actual.

Según las categorías y subcategorías específicas propuestas para el contexto nacional (ref. figura 4), se debe clasificar las áreas del territorio en urbanas, rurales y especiales. El sector 1 de Prados de Villa Hermosa se considera una zona Urbana, por lo que se divide en residenciales (RES), y comercios (COM), tomando en cuenta algunos predios de carácter especial (ESP), en la zona. El siguiente gráfico muestra la clasificación de la categoría del suelo para este sector.

Figura 15. **Categoría de clasificación de suelo, Sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia.

El área residencial se divide en residencial de baja densidad y residencial de alta densidad según el número de nivel y el área de la vivienda. Si la residencia cuenta con algún negocio pequeño en la misma, se cataloga como residencia mixta. Para los comercios se deben tomar en cuenta si son comercios puros o parte de una industria.

Tabla XVIII. **Clasificación del uso de suelo, zona 7, San Miguel Petapa**

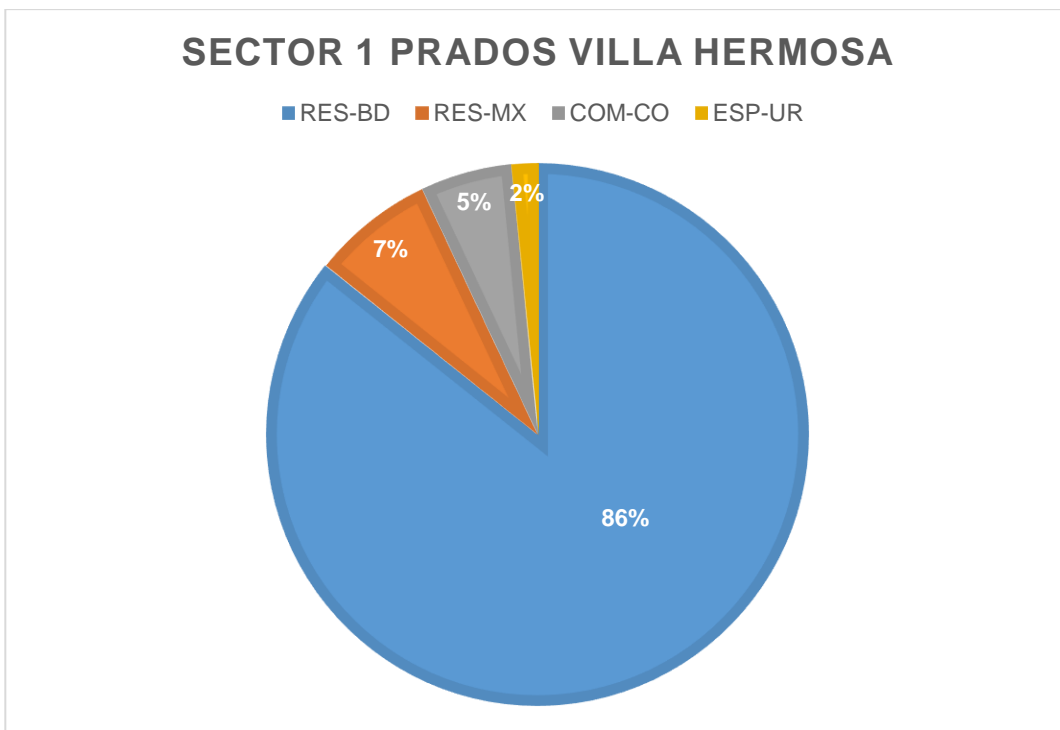
Categoría	Pedios	Porcentaje
RES-BD	767	85,70 %
RES-MX	65	7,26 %
COM-CO	49	5,48 %
ESP-UR	14	1,56 %
TOTAL	895	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

El uso del suelo en el sector 1 de prados de Villa Hermosa se cataloga mayormente como residencial de baja densidad, lo que corresponde a viviendas de uno o dos niveles, terrenos baldíos con o sin portón, talleres no perturbadores, parqueos, áreas verdes. También cuenta con zonas especiales como instalaciones públicas y de servicios (tanque elevado, antenas de señal, planta de tratamiento, entre otros), zonas mixtas o comercios compartidos como tiendas, tortillerías, ventas de repuestos, entre otros.

El sector abarca un porcentaje de área residencial. Porcentaje de área comercial y un porcentaje de área especial.

Figura 16. **Subcategoría específica de clasificación de suelo, Prados de Villa Hermosa, Zona 7, San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

2.2.6. Presupuesto

Descripción del costo de localización predial y uso de suelo en el sector 1 Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa.

Tabla XIX. **Costo localización predial y uso de suelo en el sector 1 de Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa**

Renglón	Información Geográfica			
			Fecha	dic-20
Mano de obra				
Descripción	Cant.	Unid.	Costo Unitario	Costo Directo
Levantamiento y digitalización de la información	895	Predios	Q300,00	Q268 500,00
Total mano de obra			Q268,500.00	
Herramienta			5 %	Q13 425,00
Total Costo directo				Q281 925,00
Total costo indirecto			35 %	Q93 975,00
Subtotal del renglón				Q375 900,00
IVA			12 %	Q32 220,00
TOTAL				Q408 120,00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

- 1 El sistema de abastecimiento de agua potable diseñado para colonia San Antonio, zona 9 del municipio de San Miguel Petapa, abastecerá a una comunidad de 4 976 habitantes futuros, llevando el servicio de agua potable a la totalidad de la población. Este funcionará como un sistema de circuitos cerrados, contando con 65 circuitos. Así mismo, el proyecto de Localización predial y uso de suelo para la zona 7 de Prados de Villa Hermosa, proveerá una base de datos fundamental para la realización del POT, contribuyendo a la organización de la comunidad.
- 2 Se determinó, que dentro del sector 1 de Prados de Villa Hermosa, el 85,70 % de los predios son utilizados para residencia, el 7,26 % son residencias con comercios pequeños dentro del mismo predio, el 5,48 % de los predios son utilizados para comercios e industrias y el 1,56 % son predios destinados para parques recreativos o infraestructura municipal. Con este análisis se logra beneficiar al orden territorial de los 895 predios que conforman este sector del municipio.
- 3 El valor total del proyecto diseño de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9 asciende a Q2 285 244,85 y se puede realizar en un periodo de 5 meses. Para el proyecto de localización predial y uso de suelo para el sector 1 de Prados de Villa Hermosa se necesitará un presupuesto de Q408 120 con un periodo de ejecución de dos meses. Por lo que, estos datos de análisis y presupuesto de ejecución para este proyecto se trasladó a la municipalidad de San Miguel Petapa.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los análisis fisicoquímico y microbiológico mensuales con el objetivo de asegurar que el agua de la colonia San Antonio, esté entre los límites máximos permitidos para el agua para consumo humano, según la norma COGUANOR NTG 29001. Para ello, se debe contratar personal calificado para la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable y al personal específico para la operación, mantenimiento y supervisión del equipo de dosificación de cloro para potabilizar el agua, con el objetivo de asegurar una correcta desinfección de la misma.
2. Ejecutar un plan de ordenamiento territorial actualizado por medio de una oficina encargada específicamente de esta tarea para administrar toda la información del municipio con el uso de información geográfica. Por lo que, es importante hacer una planificación previa, para la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable en la zona 9 del municipio de San Miguel Petapa, con el objetivo de crear vías alternas para tránsito de vehículos al momento de la excavación de las zanjas en donde irán las tuberías correspondientes.
3. Capacitar al personal de la municipalidad de San Miguel Petapa para el manejo de los sistemas SIG. Estas capacitaciones forjarán la capacidad de realizar el estudio sobre el uso de suelo y localización predial para las zonas de San Miguel Petapa que no cuenten con una base de datos con esta información. Siendo la municipalidad la encargada de informar a la población de ambas zonas del municipio para que tomen las medidas

correspondientes y las obras no los afecten en el desarrollo de sus actividades diarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 196 p.
2. BARRIOS DIEGO, Henry Eduardo. *Diseño del sistema de agua potable para la Colonia Las Margaritas y Localización predial y uso de suelo de la zona 10, San Miguel Petapa, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019. 213 p.
3. BARRIOS ORDOÑEZ, José Alejandro. *Diseño del Sistema de agua potable para la Colonia Villa Hermosa 1, Sector 10, Zona 7 y Localización predial y uso de suelo de la zona 6, San Miguel Petapa, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019. 198 p.
4. CLIMATE-DATA.ORG. *Clima San Miguel Petapa*. [en línea]. <<https://es.climate-data.org/america-del-norte/guatemala-953/>>. [Consulta: febrero de 2020].
5. Comisión Guatemalteca de Normas y Ministerio de Economía. *Norma COGUANOR NGO 29001, Agua potable, Especificaciones*. Guatemala: Diario Oficial, 1985. 14 p.

6. Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala, EMPAGUA. *Reglamento para presentación de proyectos de agua potable*. 1a ed. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2001. 32 p.
7. INFOM – UNEPAR. *Normas de dibujo topográfico e hidráulico para la elaboración de planos para la construcción de acueductos rurales de*. Guatemala: UNEPAR. 2009. 41 p.
8. Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, INFOM-MSPAS. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: MSPAS, 2011. 64 p.
9. Instituto de Fomento Municipal y Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales, INFOM-UNEPAR. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. 2a ed. Guatemala: INFOM, 1997. 103 p.
10. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimiento de agua potable y saneamiento*. Guatemala: AECEI, 1991. 352 p.
11. MORENO JIMÉNEZ, Antonio y BOSQUE SENDRA, Joaquín. *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. 2a ed. España: Ra – Ma, 2011. 411 p.
12. MUNIGUATE. *Conociendo el POT. Plan de ordenamiento territorial*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2008. 48 p.


13. RIVAS LEMUS, Prince Nelson. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia Israel, zona 9 y localización predial y uso de suelo, zona 3, San Miguel Petapa, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniera, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019. 198 p.
14. RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Estructuras, Facultad de Ingeniera, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 244 p.
15. SEGEPLAN. *Guía para la elaboración del plan de ordenamiento territorial municipal. Planificación y ordenamiento territorial*. Guatemala: PNUD, 2017. 92 p.
16. _____. *Caja de herramientas para la elaboración del plan de ordenamiento territorial. Planificación y ordenamiento territorial*. Guatemala: PNUD, 2017. 92 p.
17. UNEPAR. *Guías de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: UNEPAR, 2011. 63 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Evaluación Ambiental Inicial del proyecto de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa

		<table border="1"> <tr> <td>FORMATO</td> <td>DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002
FORMATO	DVGA-GA-002			
<p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p>				
<p>EVALUACION AMBIENTAL INICIAL</p> <p>ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)</p>				
<p style="text-align: center;">INSTRUCCIONES</p> <p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunice@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p style="text-align: center;">PARA USO INTERNO DEL MARN</p> <p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>			
<p>I. INFORMACION LEGAL</p> <p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p> <p style="text-align: center;">Diseño de abastecimiento de agua potable</p> <p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p> <p style="text-align: center;">El proyecto consta de la instalación de 8268.7 m de tubería PVC de distintos diámetros y 37 válvulas de compuerta</p>				
<p>1.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p>A.1. Representante Legal: Luis Alberto Varillas Vásquez</p> <p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social: _____</p> <p>Nombre Comercial: _____</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p> <p>Fecha de constitución: _____</p> <p>Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p> <p>Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p> <p>C) De la Propiedad:</p> <p>No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____</p> <p style="text-align: right;">_____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>D) De la Empresa y/o persona individual:</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): _____</p>				

Continuación del apéndice 1.



**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**
MINISTERIO DE AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES


FORMATO

DVGA-GA-002


DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN							
<p>L3 Teléfono: 8882-1111 Correo electrónico: alcaldia@municipisanimiguelpetapa.gov.gt</p>								
<p>L4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">Colonia San Antonio Zona 8, San Miguel Petapa</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</p>								
<p>Inicio: LAT 14° 30' 12.82" N LON 90° 33' 53.90 "O</p>								
<p>Final: LAT 14° 30' 26.01" N LON 90° 34' 0.8.00 "O</p>								
<p>L5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">1a calle 1-58 zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala.</p>								
<p>L6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p> <p style="text-align: center;">Ing. José Carlos Hernández Gramajo</p>								
II. INFORMACION GENERAL								
<p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d3d3d3;"> <th>II.1 Etapa de Construcción</th> <th>Operación</th> <th>Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de oírte </td> </tr> </tbody> </table>	II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de oírte 		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono						
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de oírte 						
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 43,406.56 _____</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 23,635.41 _____</p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 12,507.85 _____</p>								

Continuación del apéndice 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #d3d3d3;">FORMATO</td> <td>DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002																			
FORMATO	DVGA-GA-002																					
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-																						
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN																					
II.4 Actividades colindantes al proyecto: NORTE _____ Viviendas _____ SUR _____ Viviendas _____ ESTE _____ Viviendas _____ OESTE _____ Carretera _____ Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barraños, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #d3d3d3;">DESCRIPCION</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Norte</td> <td>2 m</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Sur</td> <td>2m</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Este</td> <td>2m</td> </tr> <tr> <td>Carretera</td> <td>Oeste</td> <td>2.60m</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Viviendas	Norte	2 m	Viviendas	Sur	2m	Viviendas	Este	2m	Carretera	Oeste	2.60m						
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																				
Viviendas	Norte	2 m																				
Viviendas	Sur	2m																				
Viviendas	Este	2m																				
Carretera	Oeste	2.60m																				
II.6 Dirección del viento: Noroeste																						
II.8 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto? a) inundación () b) explosión (X) c) deslizamientos () d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) incendio () e) Otro () Detalle la información _____ La colonia San Antonio se encuentra cerca de una fábrica de Monolit por lo que existe riesgo de explosión en los procesos que realizan.																						
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____ b) Número de empleados por jornada _____ 35-60 _____ Total empleados _____ 60 _____																						
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...																						

Continuación del apéndice 1.




**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA**
MINISTERIO DE AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN					
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes dia y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	Si	150 lts/dia	Municipalidad	Personal		Pozo mecanido
	Pozo	Si					
	Agua especial	No	100 lts/dia	Privado	Beber		Botellas
	Superficial	No					
Combustible	Otro						
	Gasolina	Si	40 gal/dia	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	Si	75 gal/dia	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Benkor						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles	Si	4 botes	Privado	Tuberia		Cajas
	No solubles						
Refrigerantes		Si	18 Gal		Maquinaria		Galones
Otros							
<small>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia.</small>							
III. IMPACTO AL AIRE							

Continuación del apéndice 1.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>	FORMATO	DVGA-GA-002																										
FORMATO	DVGA-GA-002																												
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> GASES Y PARTICULAS III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Si, generados por el movimiento del suelo al momento de la excavación y acarreo MITIGACION III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Constante riego al suelo para evitar partículas en el aire y protección a los camiones de volteo con lonas a la hora del acarreo. </td> </tr> </table>		GASES Y PARTICULAS III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Si, generados por el movimiento del suelo al momento de la excavación y acarreo MITIGACION III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Constante riego al suelo para evitar partículas en el aire y protección a los camiones de volteo con lonas a la hora del acarreo.																											
GASES Y PARTICULAS III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Si, generados por el movimiento del suelo al momento de la excavación y acarreo MITIGACION III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Constante riego al suelo para evitar partículas en el aire y protección a los camiones de volteo con lonas a la hora del acarreo.																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%; text-align: center;">INSTRUCCIONES</th> <th style="width: 40%; text-align: center;">PARA USO INTERNO DEL MARN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">RUIDO Y VIBRACIONES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <div style="text-align: center;">Si</div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> III.4 En donde se genere el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, Instrumentos musicales, vehículos, etc.) <div style="text-align: center;">Maquinaria, equipo y vehículos</div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten el vecindario y a los trabajadores? Se generan ruidos no mayores a los 70 Db, por lo que se recomienda, a los trabajadores, la utilización de protección para los oídos. </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">OLORES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: <div style="text-align: center;">No</div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? <div style="text-align: center;">No aplica</div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">AGUAS RESIDUALES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 235-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalares) c) Mezcla de las anteriores d) Otro; </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ No aplica ya que se utilizarán servicios sanitarios portátiles, cuya limpieza estará a cargo de un servicio privado. </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ 4 baños portátiles </td> </tr> </tbody> </table>		INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN	RUIDO Y VIBRACIONES		III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <div style="text-align: center;">Si</div>		III.4 En donde se genere el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, Instrumentos musicales, vehículos, etc.) <div style="text-align: center;">Maquinaria, equipo y vehículos</div>		III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten el vecindario y a los trabajadores? Se generan ruidos no mayores a los 70 Db, por lo que se recomienda, a los trabajadores, la utilización de protección para los oídos.		OLORES		III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: <div style="text-align: center;">No</div>		III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? <div style="text-align: center;">No aplica</div>		IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA		AGUAS RESIDUALES		CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES		IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 235-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalares) c) Mezcla de las anteriores d) Otro;		Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ No aplica ya que se utilizarán servicios sanitarios portátiles, cuya limpieza estará a cargo de un servicio privado.		IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ 4 baños portátiles	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN																												
RUIDO Y VIBRACIONES																													
III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <div style="text-align: center;">Si</div>																													
III.4 En donde se genere el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, Instrumentos musicales, vehículos, etc.) <div style="text-align: center;">Maquinaria, equipo y vehículos</div>																													
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten el vecindario y a los trabajadores? Se generan ruidos no mayores a los 70 Db, por lo que se recomienda, a los trabajadores, la utilización de protección para los oídos.																													
OLORES																													
III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: <div style="text-align: center;">No</div>																													
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? <div style="text-align: center;">No aplica</div>																													
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA																													
AGUAS RESIDUALES																													
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES																													
IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 235-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalares) c) Mezcla de las anteriores d) Otro;																													
Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ No aplica ya que se utilizarán servicios sanitarios portátiles, cuya limpieza estará a cargo de un servicio privado.																													
IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ 4 baños portátiles																													

Continuación del apéndice 1.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.3 Describa que tipo de tratamiento se da o se propone dar a los aguas residuales generados por la actividad. (Usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento</p> <p>b) Capacidad</p> <p>c) Operación y mantenimiento</p> <p>d) Caudal a tratar</p> <p>e) Etc.</p>		
<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p style="text-align: center;">Planta de tratamiento municipal</p>		
<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>IV.5 Explique la forma de captación de agua de lluvia y el punto de desecho de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p> <p>Las aguas de lluvia corren por runetas dirigidas al río Platónicos</p>		
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edafico y litico)</p>		
<p>DESECHOS SÓLIDOS</p> <p>VOLUMEN DE DESECHOS</p> <p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>		
<p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p style="text-align: center;">Plástico, papel, orgánicos</p>		
<p>V.3 Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>		
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos). Explique el método y/o equipo utilizado</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>		
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indique el tipo de transporte utilizado</p> <p style="text-align: center;">Servicio de recolector de basura municipal</p>		
<p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p style="text-align: center;">No</p>		
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p style="text-align: center;">Basurero Municipal</p>		

Continuación del apéndice 1.

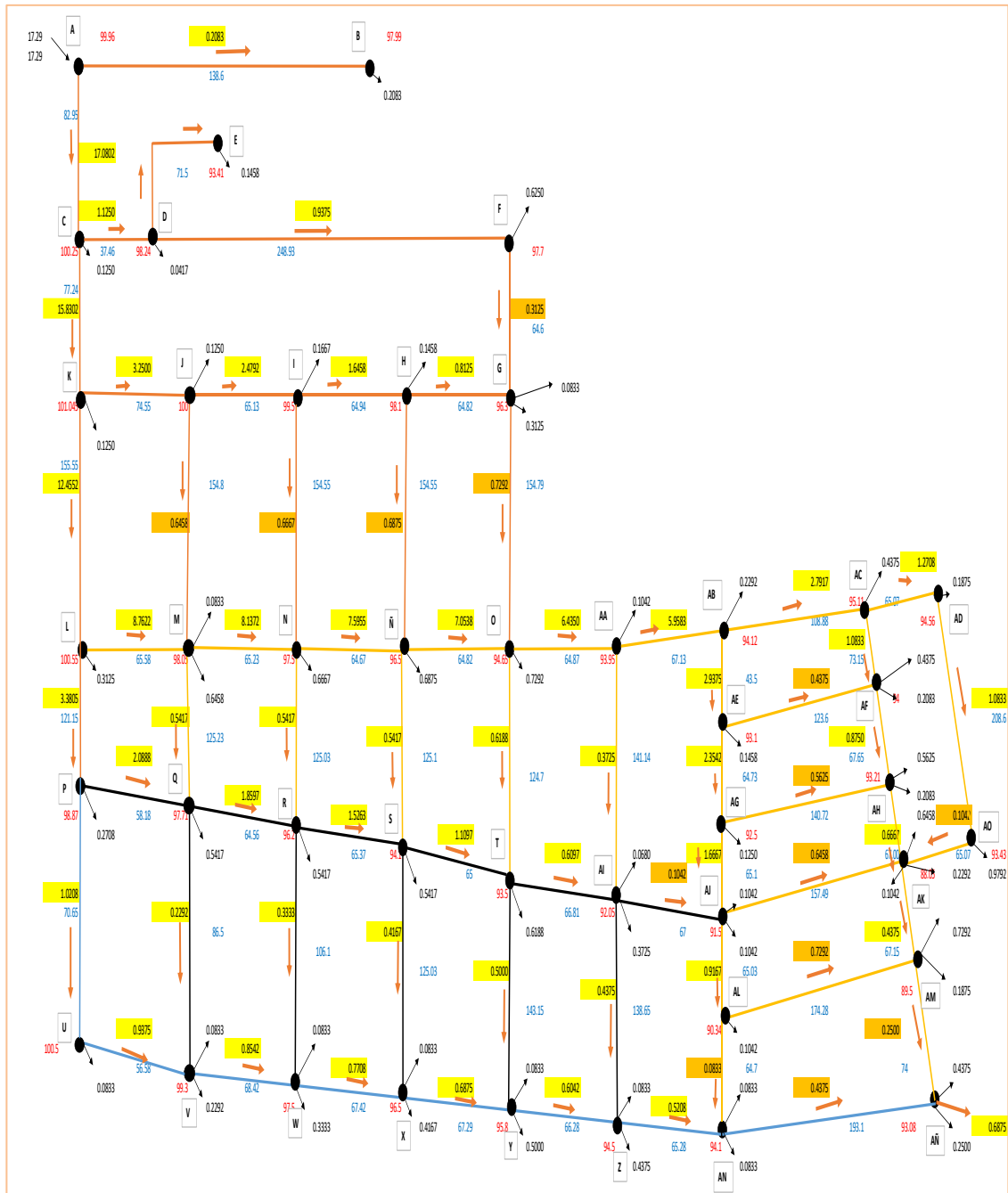
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA		
CONSUMO		
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (KWhr o kWh/mes) _____		253 Kwh
VI.2 Forma de suministro de energía		
a) Sistema público: b) Sistema privado: Empresa Eléctrica de Guatemala EEEGA c) generación propia		
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? No aplica		
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Utilizar la energía eléctrica solamente en horarios de trabajo		
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)		
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:		
- Bosques - Animales - Otros _____ No aplica		
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No		
VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? Las actividades se encuentran en el área de paso para los vehículos		
VIII. TRANSPORTE		
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:		
a) Número de vehículos _____ 5 vehículos b) Tipo de vehículo pickup doble cabina y tracción c) sitio para estacionamiento y área que ocupe Colonia, 44 m ² d) Horario de circulación vehicular _____ El sitio no se encuentra en avenidas o calles principales de circulación e) Vías alternas No aplica		
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS		
ASPECTOS CULTURALES		
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál? No		

Continuación del apéndice 1.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES DL.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico.</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentre adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico.</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>		
<p>ASPECTOS SOCIAL DL.3 ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)</p> <p>DL.4 ¿Qué tipo de molestias? No aplica</p> <p>DL.5 ¿Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? No aplica</p>		
<p>PAISAJE DL.6 ¿Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué? Se verá afectado con contaminación visual solo en el trayecto de la construcción.</p>		
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p>		
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuáles serían las actividades riesgosas: No aplica</p>		
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: Ninguna de las actividades a realizar implica un riesgo para los trabajadores, ya que se seguirán protocolos de seguridad y habrá supervisión en todo momento.</p>		
<p>Equipo de protección personal X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Casco, lentes de protección, botas punta de acero, chaleco reflectivo, tapones para los oídos, mascarilla con filtros para gas.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Dentro de los procesos del trabajo a realizar se plantea el efectuar charlas con las autoridades, COCODES, población de la colonia para que tengan conocimiento del tiempo en el que se laborará y donde pueden llegar a estar expuestos ante polvo que pueda producir problemas respiratorios, para que tomen medidas preventivas como el uso de mascarilla. A los trabajadores se les dará capacitaciones de seguridad industrial y el equipo de protección necesario.</p>		

Fuente: elaboración propia, con base en formulario DVGA-GA-R-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Apéndice 2. **Diseño hidráulico de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa**



Continuación del apéndice 2.

Calculo de Presiones				
Circuito 1				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
C-D	0.3097	98.24	112.9308	14.6908
D-F	1.5163	97.7	111.4145	13.7145
F-G	2.1285	96.3	109.2860	12.9860
C-K	-0.3370	101.045	113.5774	12.5324
K-J	-0.4662	100	114.0436	14.0436
J-I	-0.7769	99.5	114.8205	15.3205
I-H	-0.6975	98.1	115.5181	17.4181
H-G	-1.0478	96.3	116.5659	20.2659
Circuito 2				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
K-J	0.4662	100	113.1112	13.1112
K-L	-0.4451	100.55	114.0225	13.4725
L-M	-0.7207	98.05	114.7432	16.6932
M-J	0.2776	100	114.4657	14.4657
Circuito 3				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
M-J	-1.9995	100	116.7427	16.7427
J-I	0.7769	99.5	113.2667	13.7667
I-N	4.3244	97.5	108.9423	11.4423
M-N	-0.5690	97.5	115.3122	17.8122
Circuito 4				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
I-H	0.6975	98.1	114.1230	16.0230
H-Ñ	3.4476	96.5	112.0704	15.5704
I-N	-4.3244	97.5	119.1449	21.6449
N-Ñ	-0.5477	96.5	115.8599	19.3599

Datos:	
Longitud de salida del tanque	9.4 m
Diámetro de tubería	4 in
Caudal de Tubería	18.11 l/s
Altura del tanque	14.25 m
Longitud del tanque al punto A	5 m
Diámetro de tubería de conducción	4 in

Cota piezométrica del tanque = CPTANQUE = COTA TANQUE - Hf TANQUE

hf tanque	0.3837
Cota tanque	114.2500
Cpz tanque	113.8663

Presión en el punto A = PA = CPTANQUE - Hf A

hfA	0.2041
PA	13.7022
Cpz A	113.6622

CpzC = CpzA - Hf AC

Diámetro AC	6.4797	6
hf AC	0.4218	
PC	12.9905	
Cpz C	113.2405	

Continuación del apéndice 2.

Circuito 5				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
H-G	1.0478	96.3	113.0751	16.7751
G-O	0.4025	94.65	108.8834	14.2334
H-Ñ	-0.8493	96.5	114.9723	18.4723
Ñ-O	-0.5023	94.65	116.3622	21.7122

Circuito 6				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
L-M	0.2431	98.05	113.7794	15.7294
M-Q	1.0088	97.71	112.7705	15.0605
L-P	-0.8579	98.87	114.8804	16.0104
P-Q	-0.4030	97.71	115.2834	17.5734

Circuito 7				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
M-N	0.1919	97.5	114.5513	17.0513
N-R	1.0244	96.2	107.9179	11.7179
M-Q	-1.0088	97.71	114.7882	17.0782
Q-R	-0.3400	96.2	115.6234	19.4234

Circuito 8				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
N-Ñ	0.1847	96.5	108.7576	12.2576
Ñ-S	1.3344	94.1	113.6379	19.5379
N-R	-1.0244	96.2	120.1693	23.9693
R-S	-0.2420	94.1	115.8654	21.7654

Circuito 9				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
Ñ-O	0.5023	94.65	111.5681	16.9181
O-T	1.1344	93.5	107.7490	14.2490
Ñ-S	-1.3344	94.1	113.4049	19.3049
S-T	-0.5541	93.5	116.4195	22.9195

Continuación del apéndice 2.

Circuito 10				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
P-Q	1.1948	97.71	113.6856	15.9756
Q-V	1.5849	99.3	113.6985	14.3985
P-U	-1.6390	100.5	116.5194	16.0194
U-V	-1.1191	99.3	117.6385	18.3385
Circuito 11				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
Q-R	1.0079	96.2	114.2755	18.0755
R-W	2.3005	97.5	111.9750	14.4750
Q-V	-1.5849	99.3	116.8683	17.5683
V-W	-1.3345	97.5	118.9730	21.4730
Circuito 12				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
R-S	0.7174	94.1	114.9060	20.8060
S-X	2.2802	96.5	113.5852	17.0852
R-W	-2.3005	97.5	117.9239	20.4239
W-X	-1.1060	96.5	120.0790	23.5790
Circuito 13				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
S-T	0.5541	93.5	115.3113	21.8113
T-Y	3.7457	95.8	112.6738	16.8738
S-X	-2.2802	96.5	118.1456	21.6456
X-Y	-0.6751	95.8	120.7541	24.9541
Circuito 14				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
T-AI	1.3335	92.05	115.0860	23.0360
AI-Z	0.6082	94.5	117.1448	22.6448
T-Y	-1.5414	95.8	117.9609	22.1609
Y-Z	-0.8331	94.5	121.5872	27.0872

Continuación del apéndice 2.

Circuito 15				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AI-AJ	0.7390	91.5	117.0140	25.5140
AJ-AL	0.5934	90.34	117.8985	27.5585
AL-AN	0.5329	94.1	117.3656	23.2656
AI-Z	-0.6082	94.5	118.3611	23.8611
Z-AN	-0.3505	94.1	121.9377	27.8377

Circuito 16				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
O-AA	0.3808	93.95	108.5026	14.5526
AA-AI	2.4716	92.05	106.0311	13.9811
O-T	-0.2795	93.5	109.1629	15.6629
T-AI	-1.3335	92.05	117.7529	25.7029

Circuito 17				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AA-AB	0.3237	94.12	108.1790	14.0590
AB-AE	0.1710	93.1	108.0080	14.9080
AE-AG	1.4181	92.5	106.5899	14.0899
AG-AJ	0.7485	91.5	105.8414	14.3414
AA-AI	-2.4716	92.05	110.9742	18.9242
AI-AJ	-0.7390	91.5	118.4919	26.9919

Circuito 18				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AB-AC	0.6814	95.11	107.4976	12.3876
AC-AF	0.4936	94	107.0040	13.0040
AB-AE	-0.4156	93.1	108.5945	15.4945
AE-AF	0.7226	94	107.8719	13.8719

Circuito 19				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AE-AF	0.7226	94	107.2854	13.2854
AF-AH	0.6428	93.21	107.2292	14.0192
AE-AG	-1.4181	92.5	110.0126	17.5126
AG-AH	-0.8543	93.21	110.8670	17.6570

Continuación del apéndice 2.

Circuito 20				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AG-AH	0.8543	93.21	109.1583	15.9483
AH-AK	1.5042	88.05	109.3628	21.3128
AG-AJ	-0.7485	91.5	110.7611	19.2611
AJ-AK	-1.4747	88.05	119.9666	31.9166

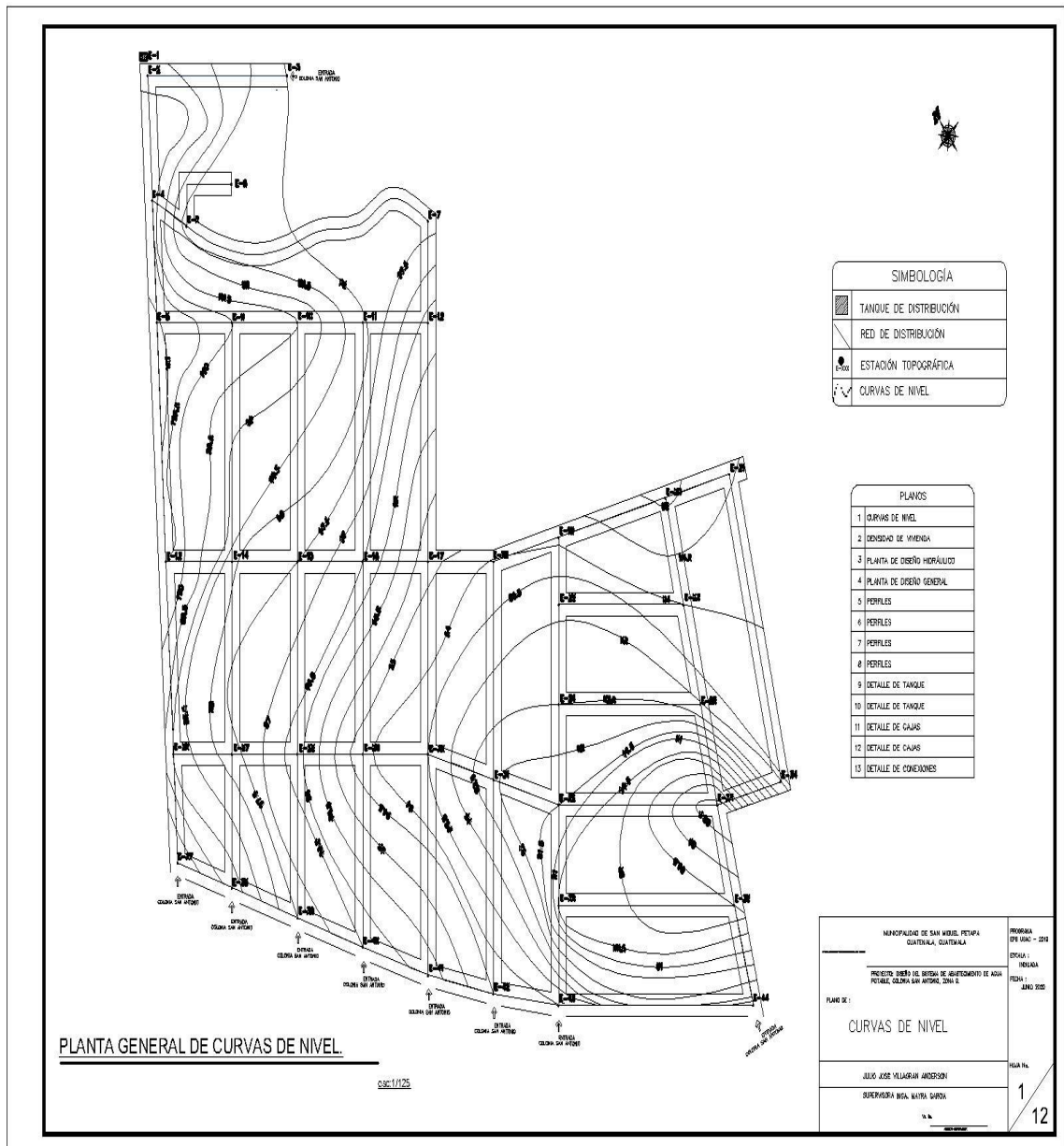
Circuito 21				
Tramo	hf	Altura	Cpz	Pz
AJ-AK	1.4747	88.05	117.0172	28.9672
AK-AM	0.2115	89.5	119.7551	30.2551
AJ-AL	-0.5934	90.34	119.0853	28.7453
AL-AM	-0.9741	89.5	120.0594	30.5594

Circuito 22				
Tramo	hf	Altura	Pz	Cpz
AL-AM	0.9741	89.5	118.1112	28.6112
AM-AÑ	0.6097	93.08	119.4497	26.3697
AL-AN	-0.5329	94.1	119.6182	25.5182
AN-AÑ	-1.1734	93.08	123.1111	30.0311

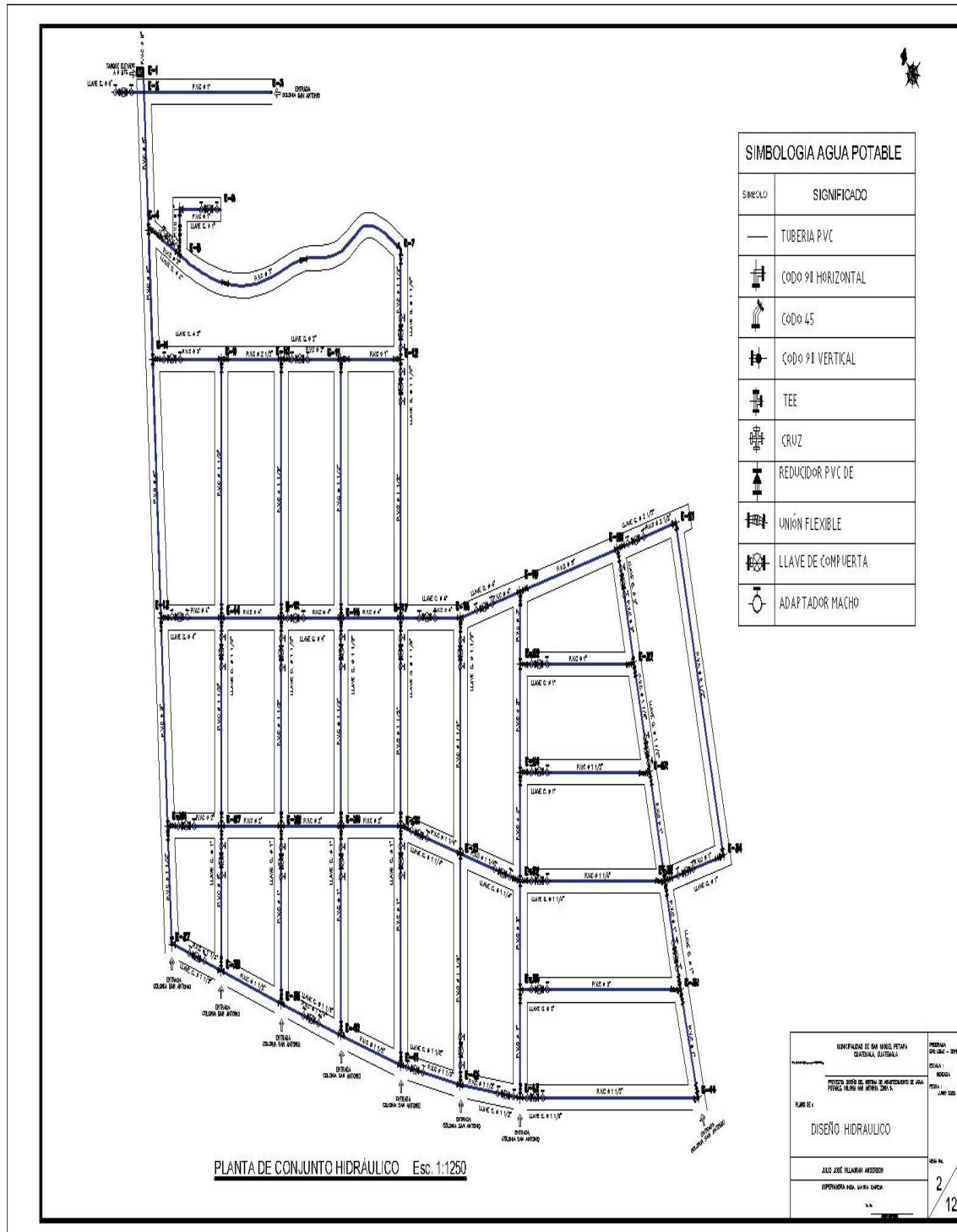
Circuito 23				
Tramo	hf	Altura	Pz	Cpz
AC-AD	0.2743	94.56	107.2233	12.6633
AD-AO	0.6917	93.43	106.5316	13.1016
AC-AF	-0.4936	94	107.9912	13.9912
AF-AH	-0.6428	93.21	108.5147	15.3047
AH-AK	-1.5042	88.05	112.3712	24.3212
AK-AO	1.7312	93.43	118.2354	24.8054

Fuente: elaboración propia.

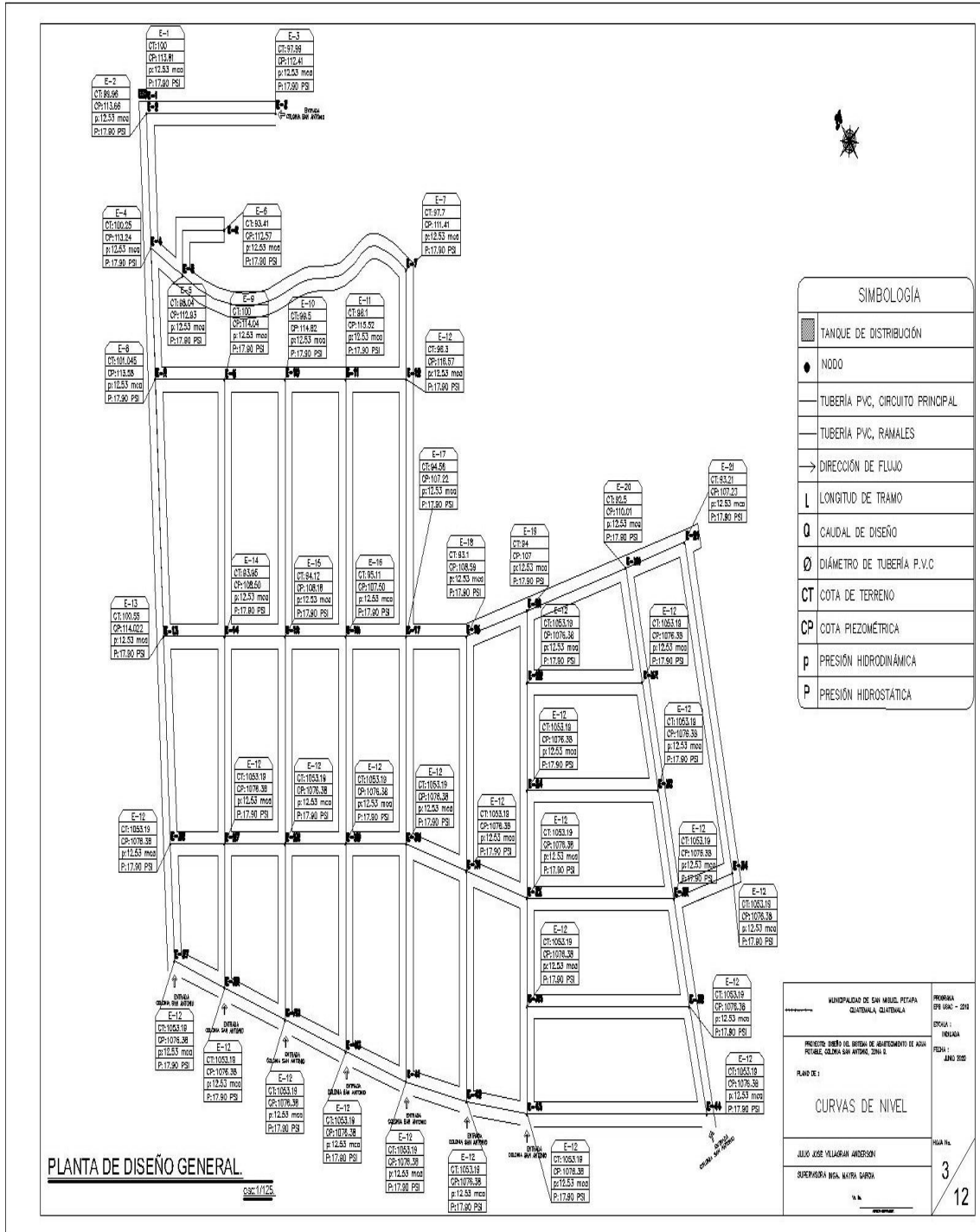
Apéndice 3. **Juego de planos del sistema de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa**



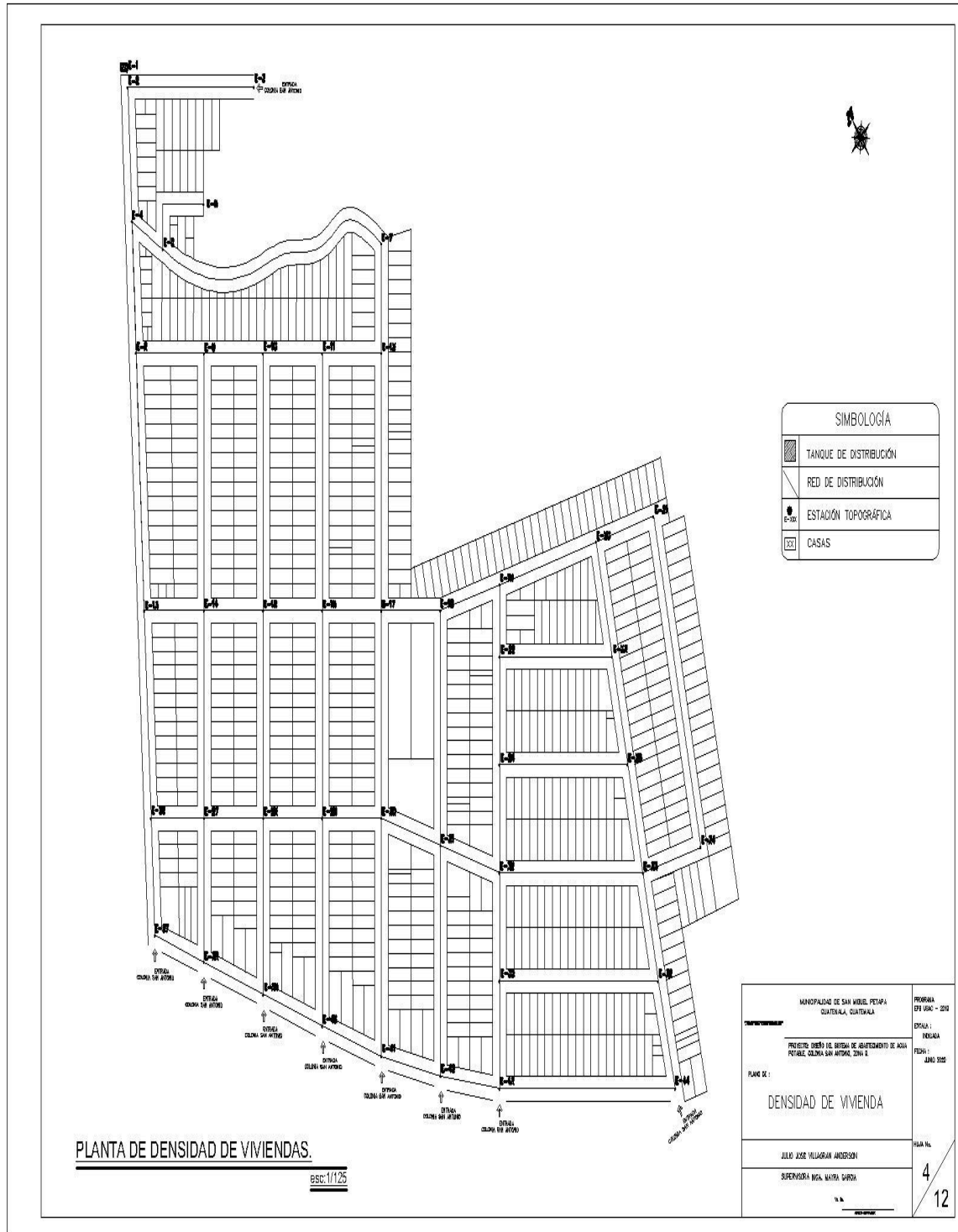
Continuación del apéndice 3.



Continuación del apéndice 3.



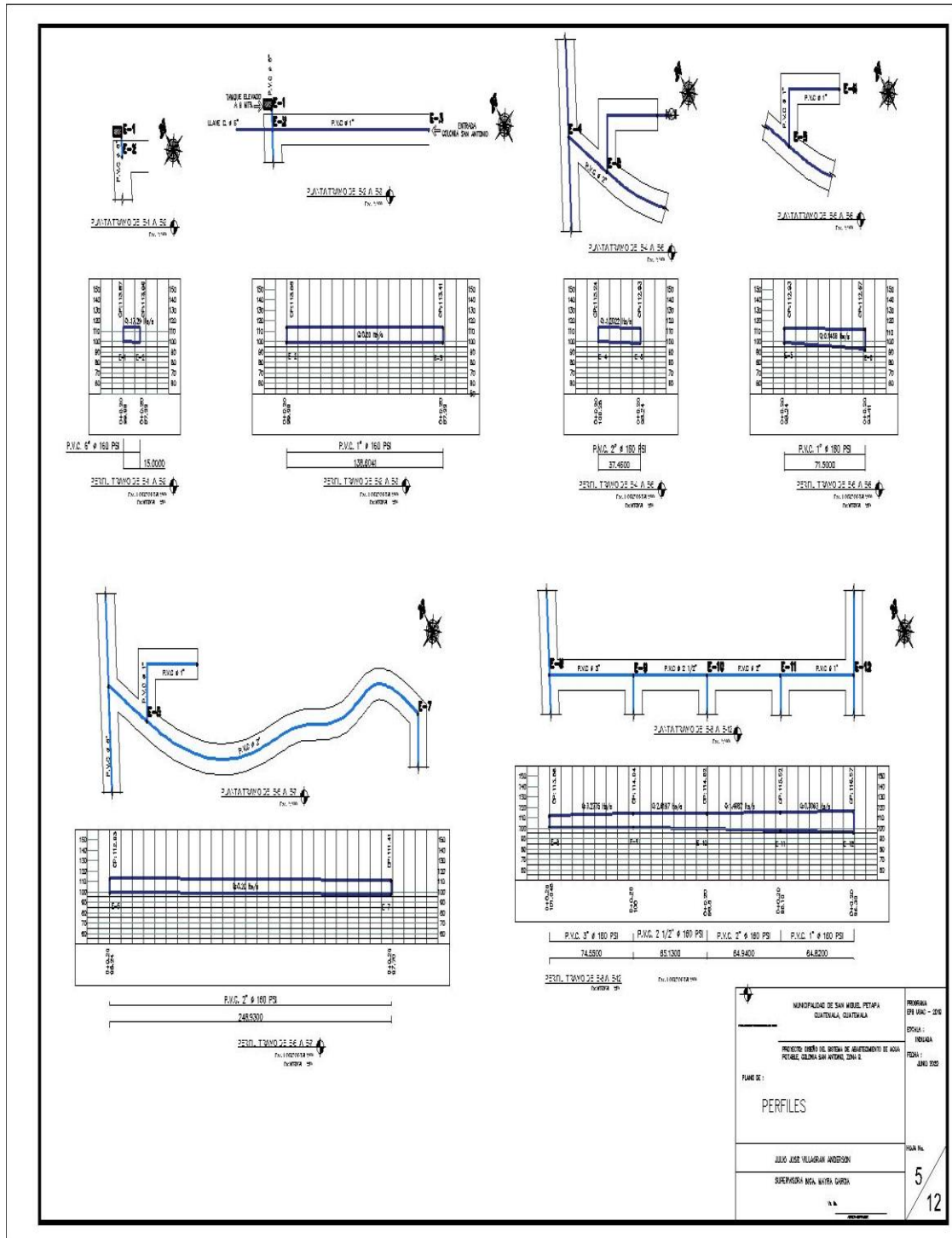
Continuacion del apéndice 3.



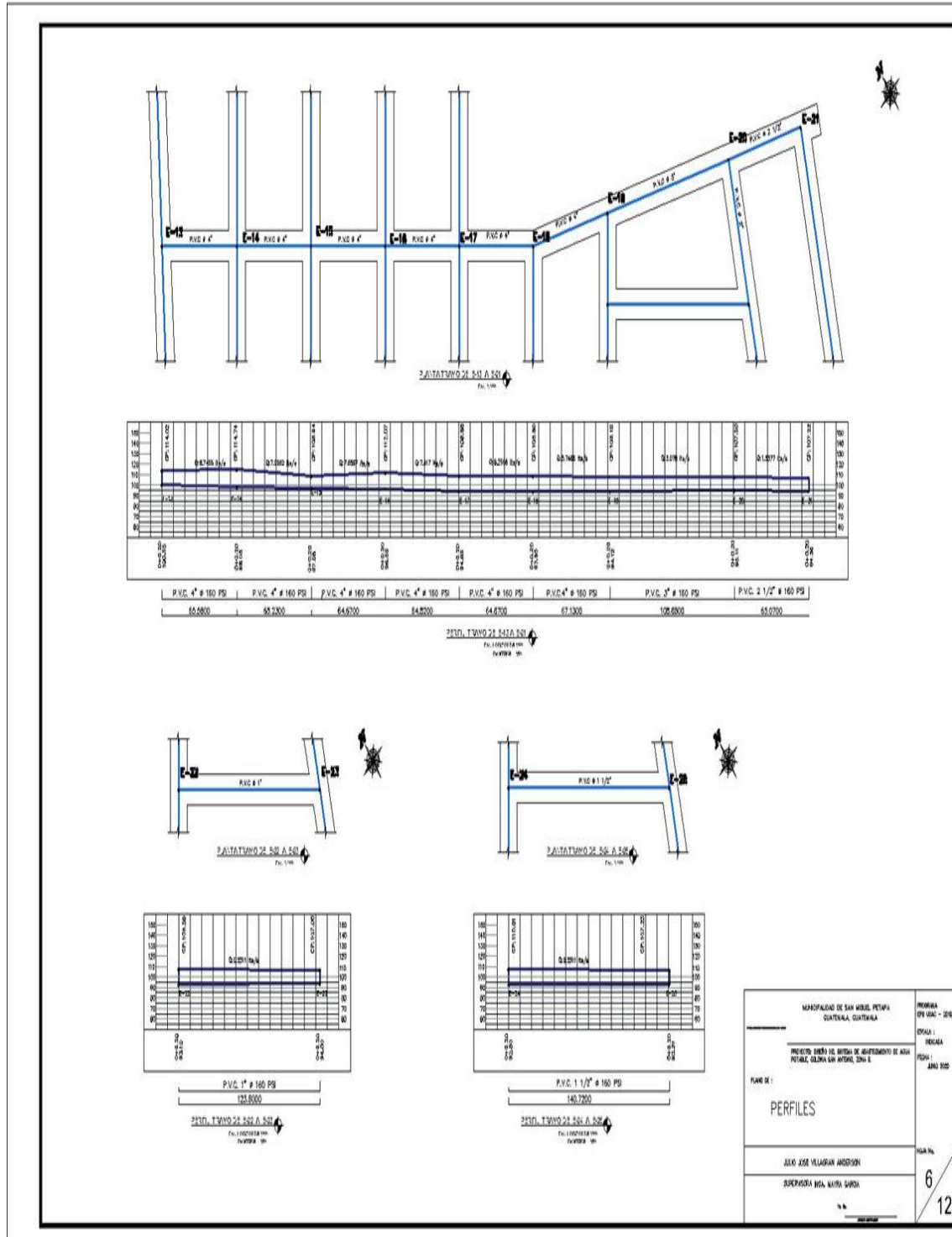
SIMBOLOGÍA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	RED DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACION TOPOGRÁFICA
	CASAS

MUNICIPALIDAD DE SAN MARCEL, PETAPA CUATRINELA, GUATEMALA PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, COLONIA SAN ANTONIO, ZONA 1	PERIODO DE VIGENCIA: 2010 ESCALA: INDICADA FECHA: AÑO 2005
PLANO DE: DENSIDAD DE VIVIENDAS	HOJA No. 4
JULIO JOSÉ YLLAGARRAN ANDERSON SUPERVISORA INGENIERA MARINA GARCIA	12

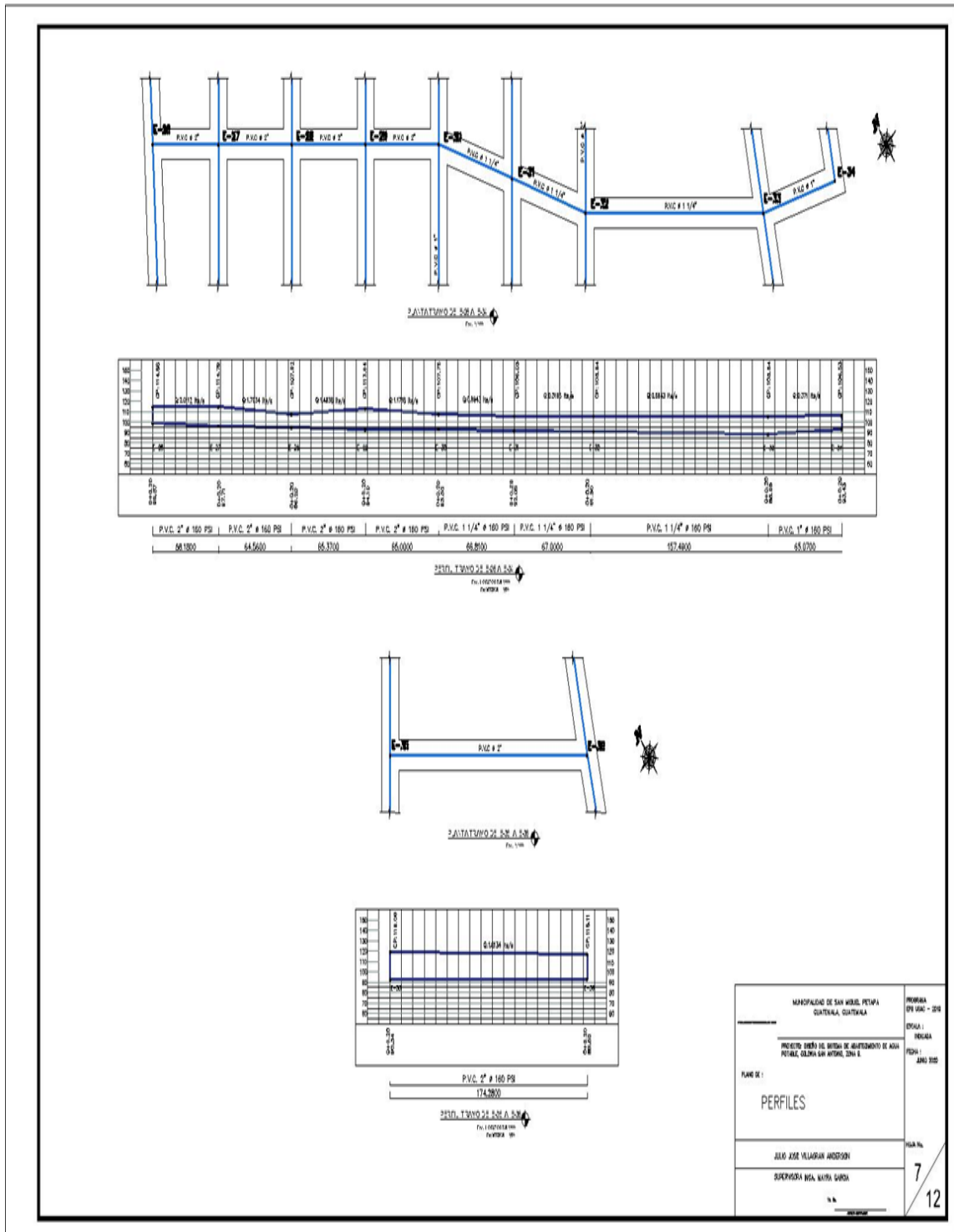
Continuacion del apéndice 3.



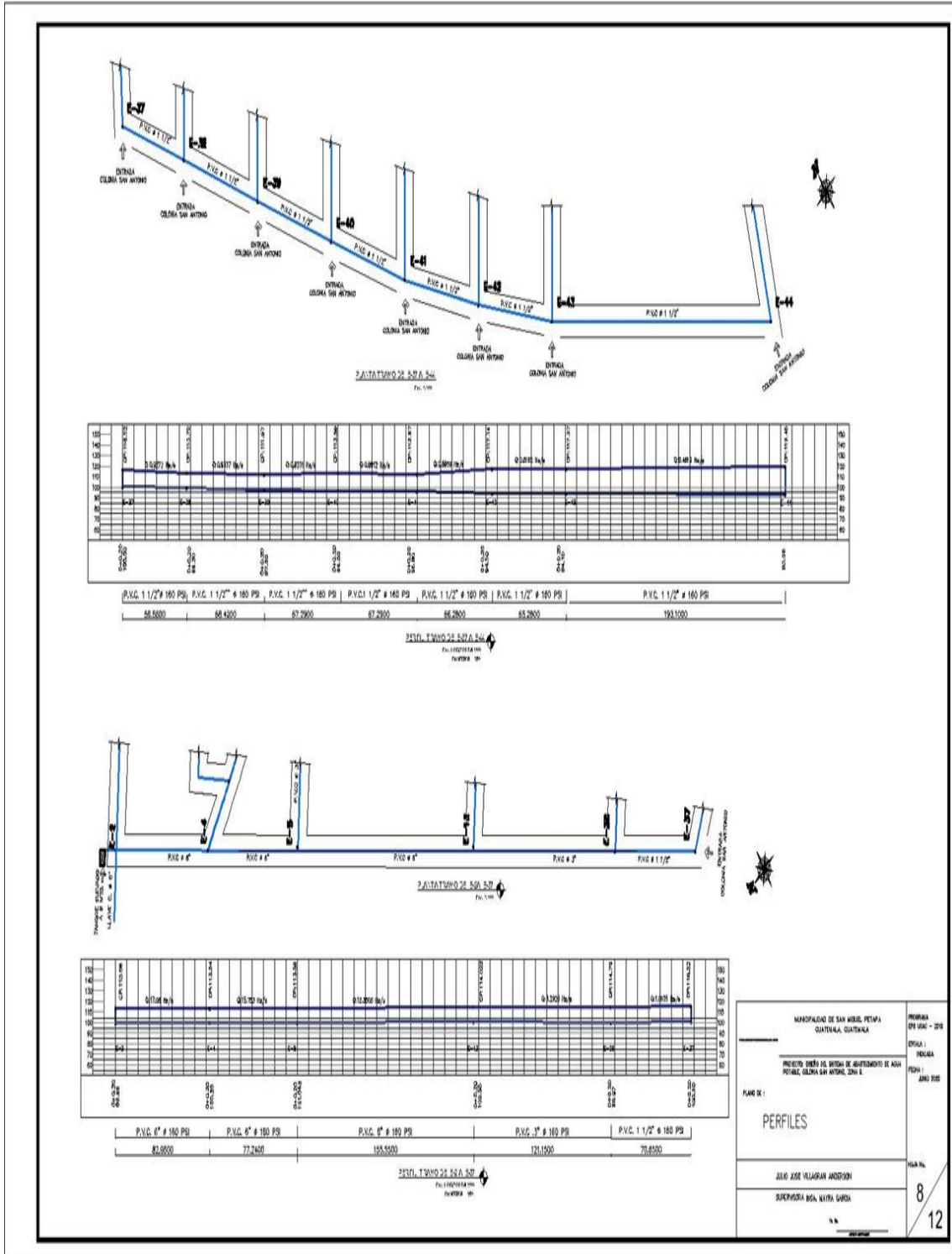
Continuacion del apéndice 3.



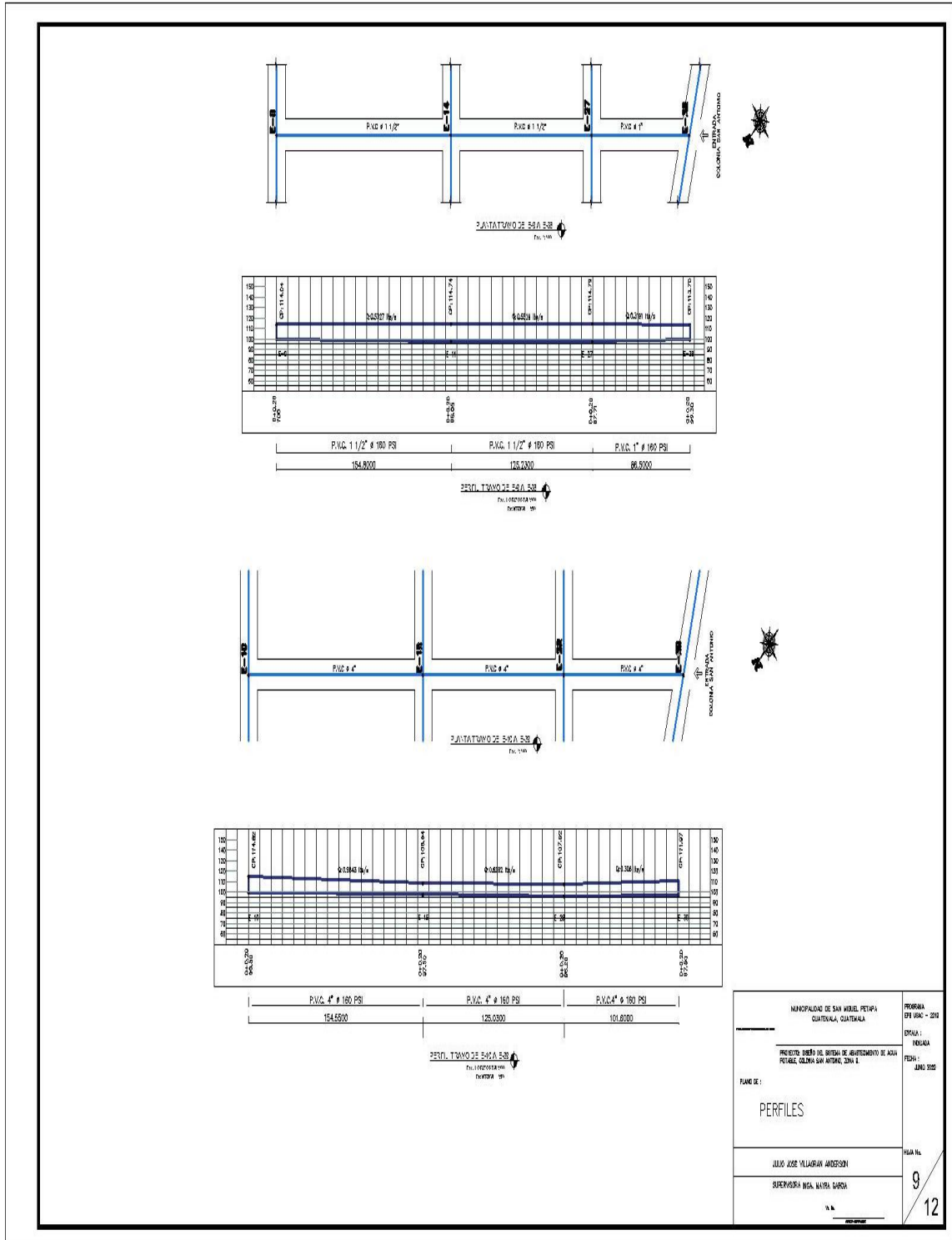
Continuacion del apéndice 3.



Continuacion del apéndice 3.

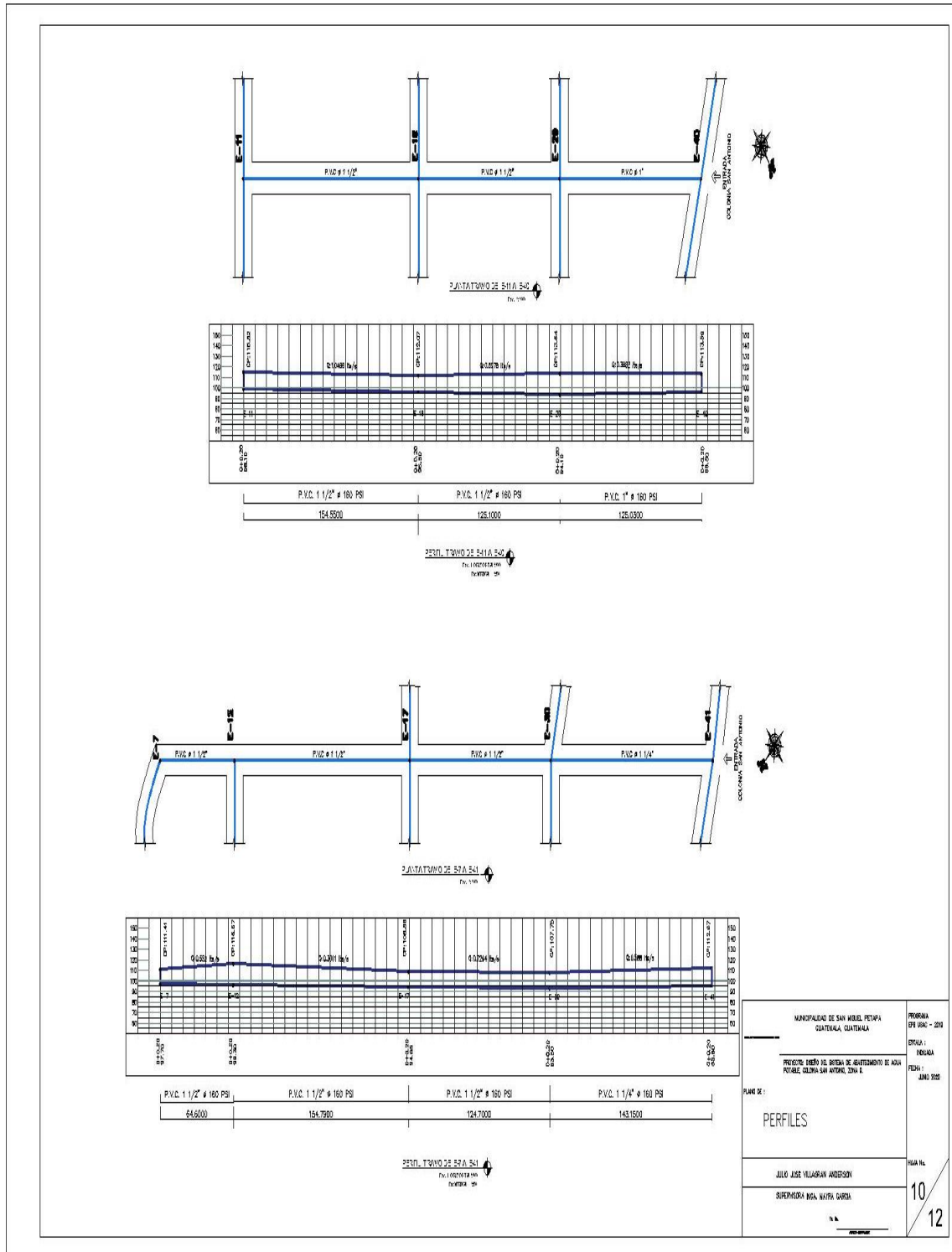


Continuacion del apéndice 3.

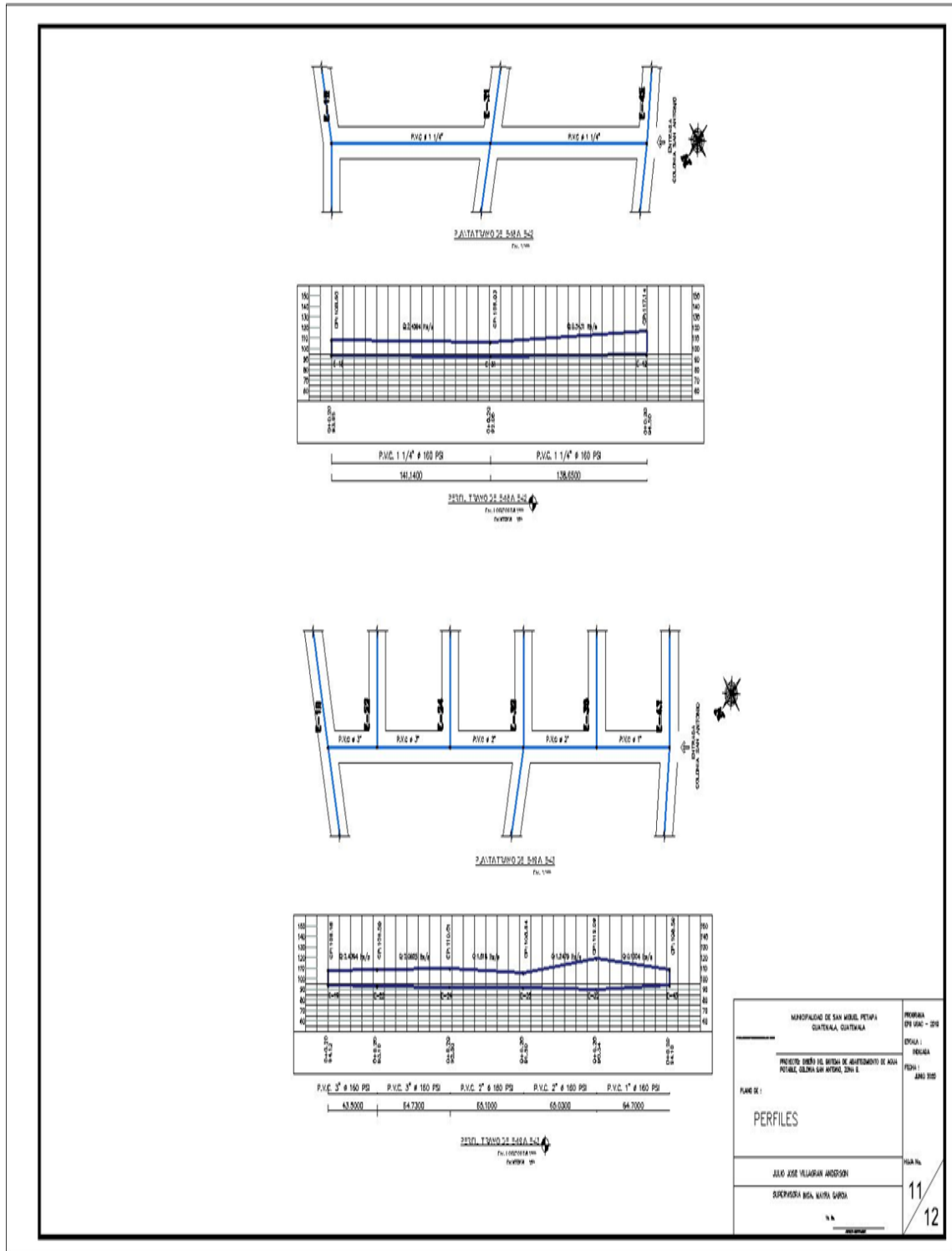


MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL PETAPA CUAUTEKAL, CUAUTEKAL	PROYECTO: EPI URAC - 2010 ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2005
PROYECTO: INVERSIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CUAUTEKAL SAN MIGUEL, CUAUTEKAL	
PLAN DE: PERFILES	
JULIO JOSE YLLAGARAN ANDERSON SUPERVISOR GENERAL	
HOJA No. 9 / 12	

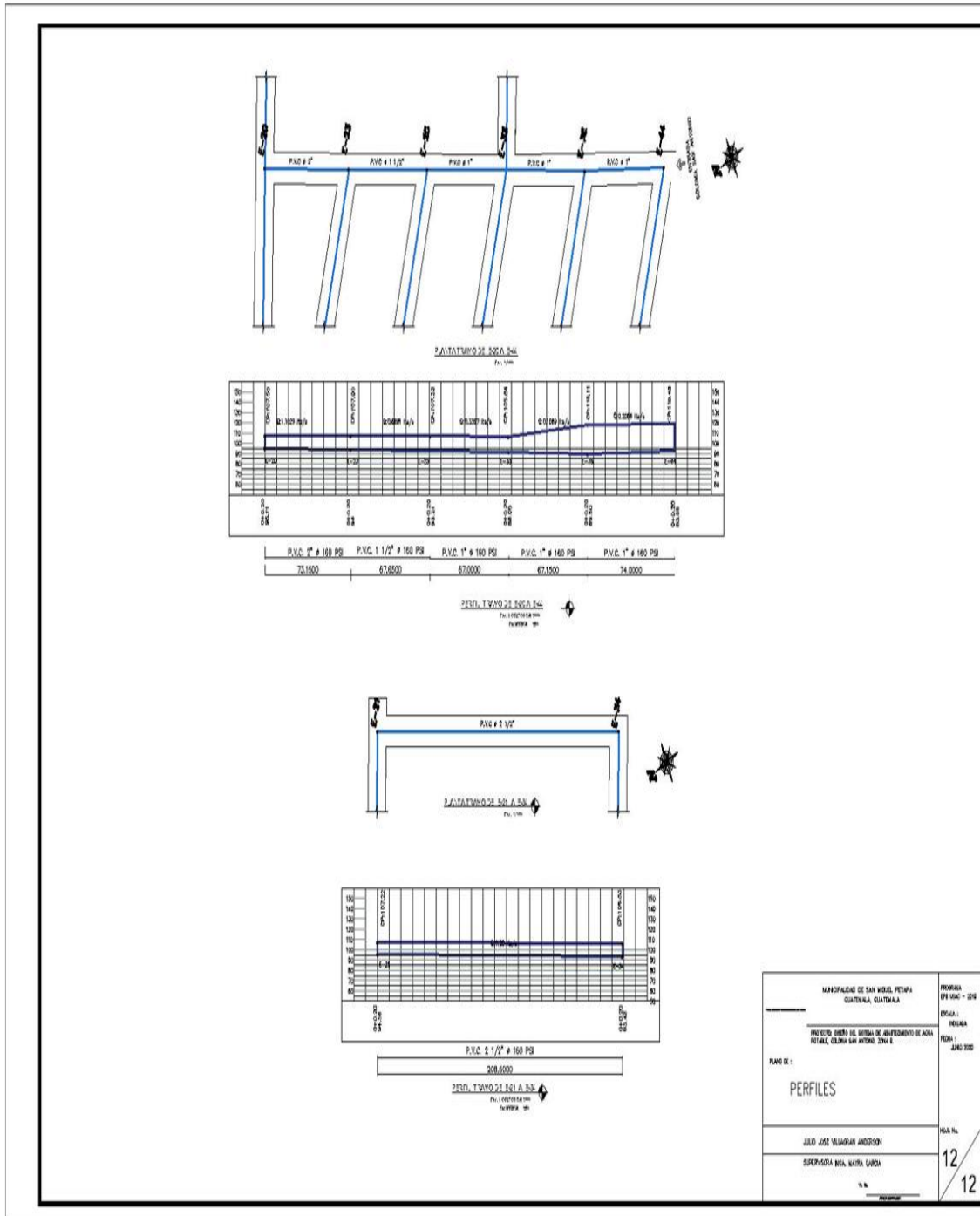
Continuacion del apéndice 3.



Continuacion del apéndice 3.

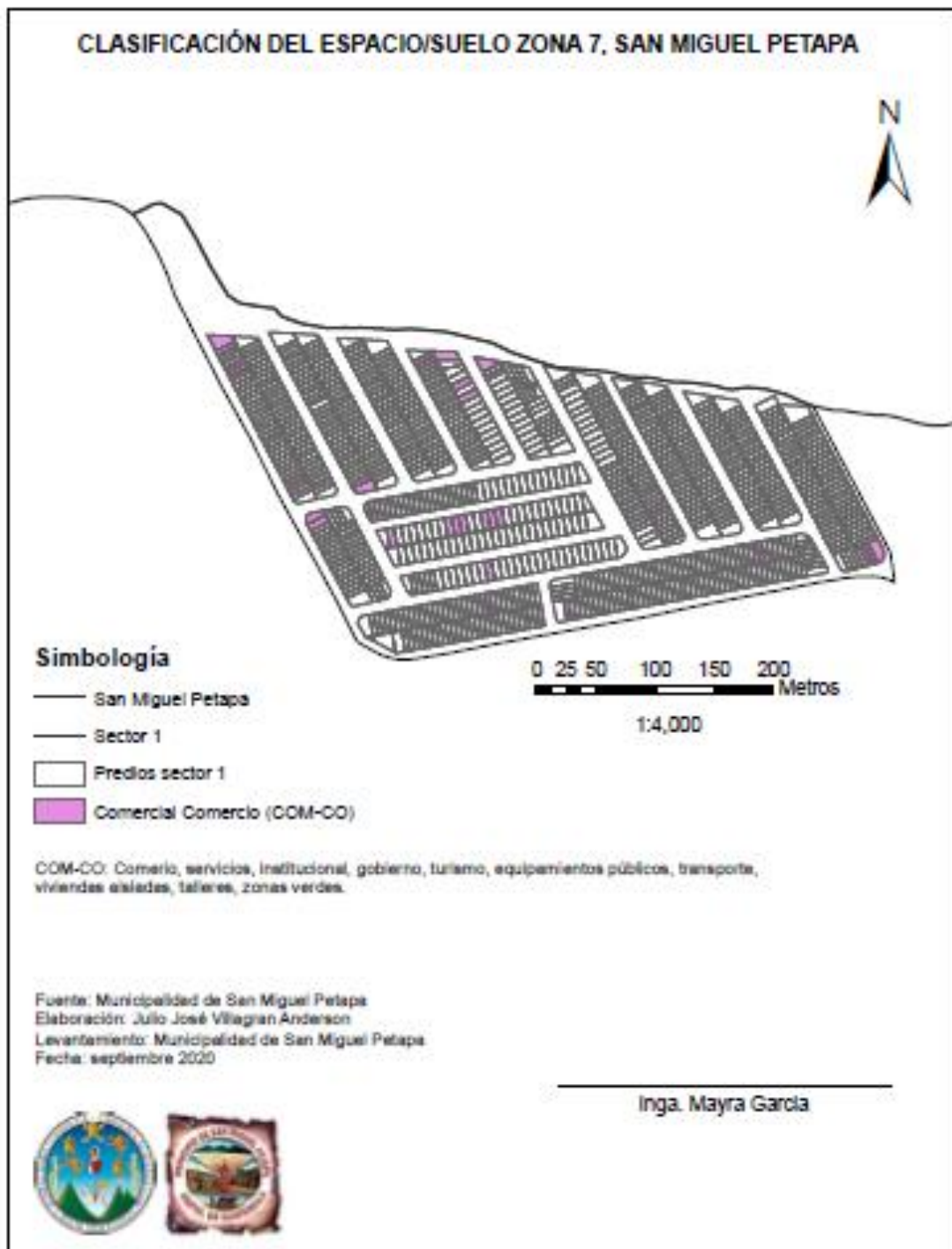


Continuacion del apéndice 3.

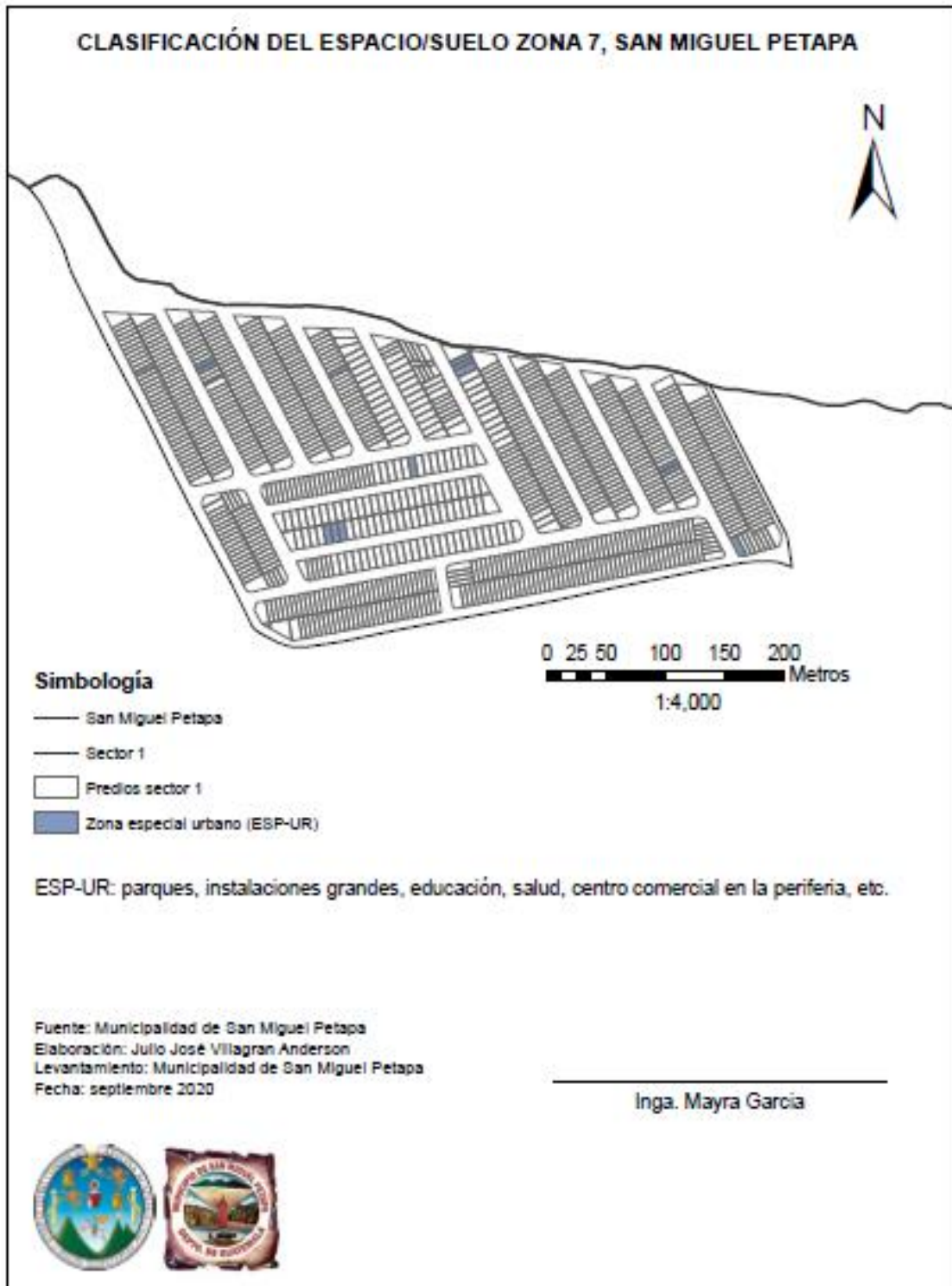


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.

Apéndice 4. **Mapas temáticos del sector 1, Prados de Villa Hermosa, zona 7, San Miguel Petapa**

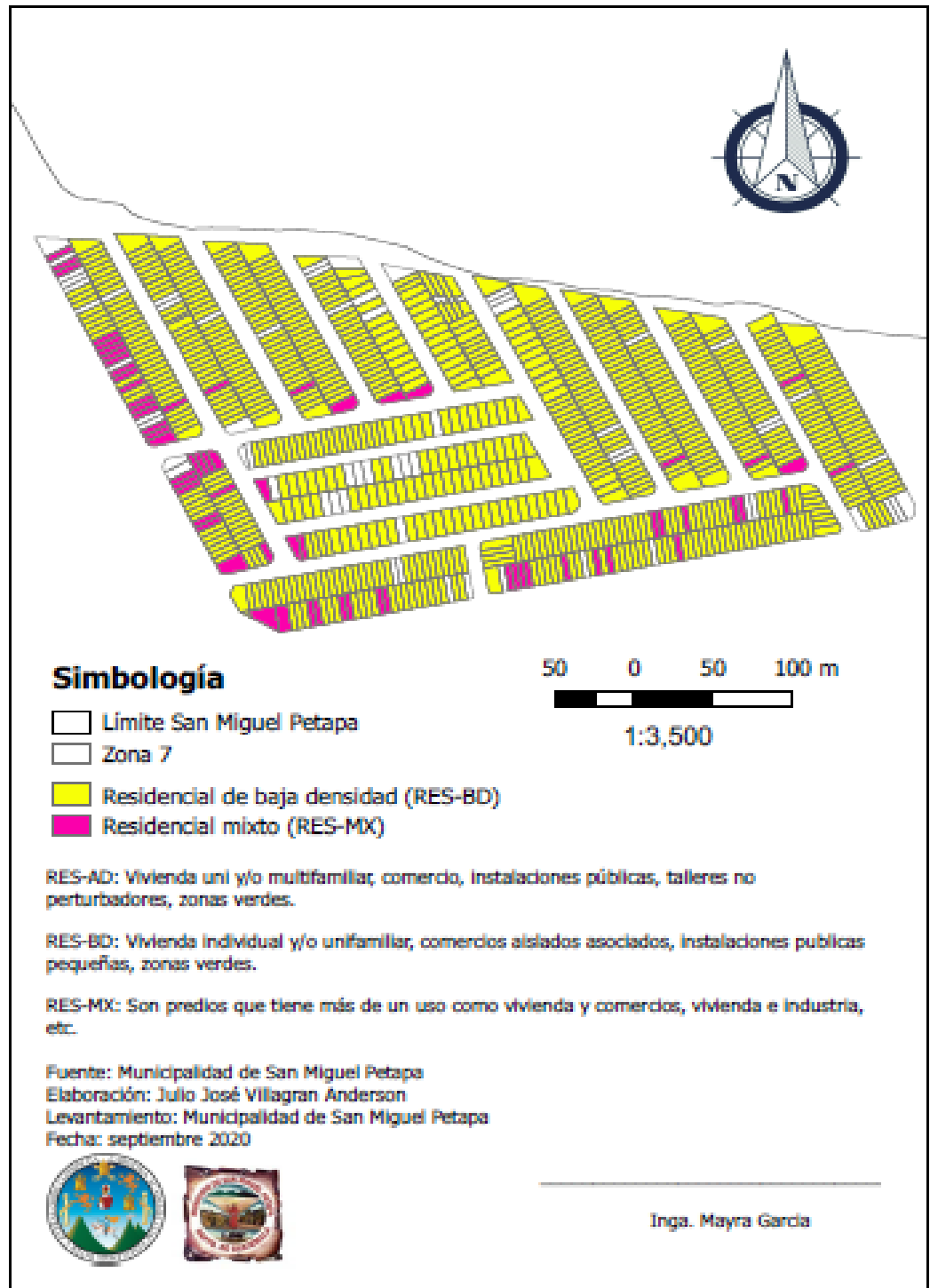


Continuación del apéndice 4.

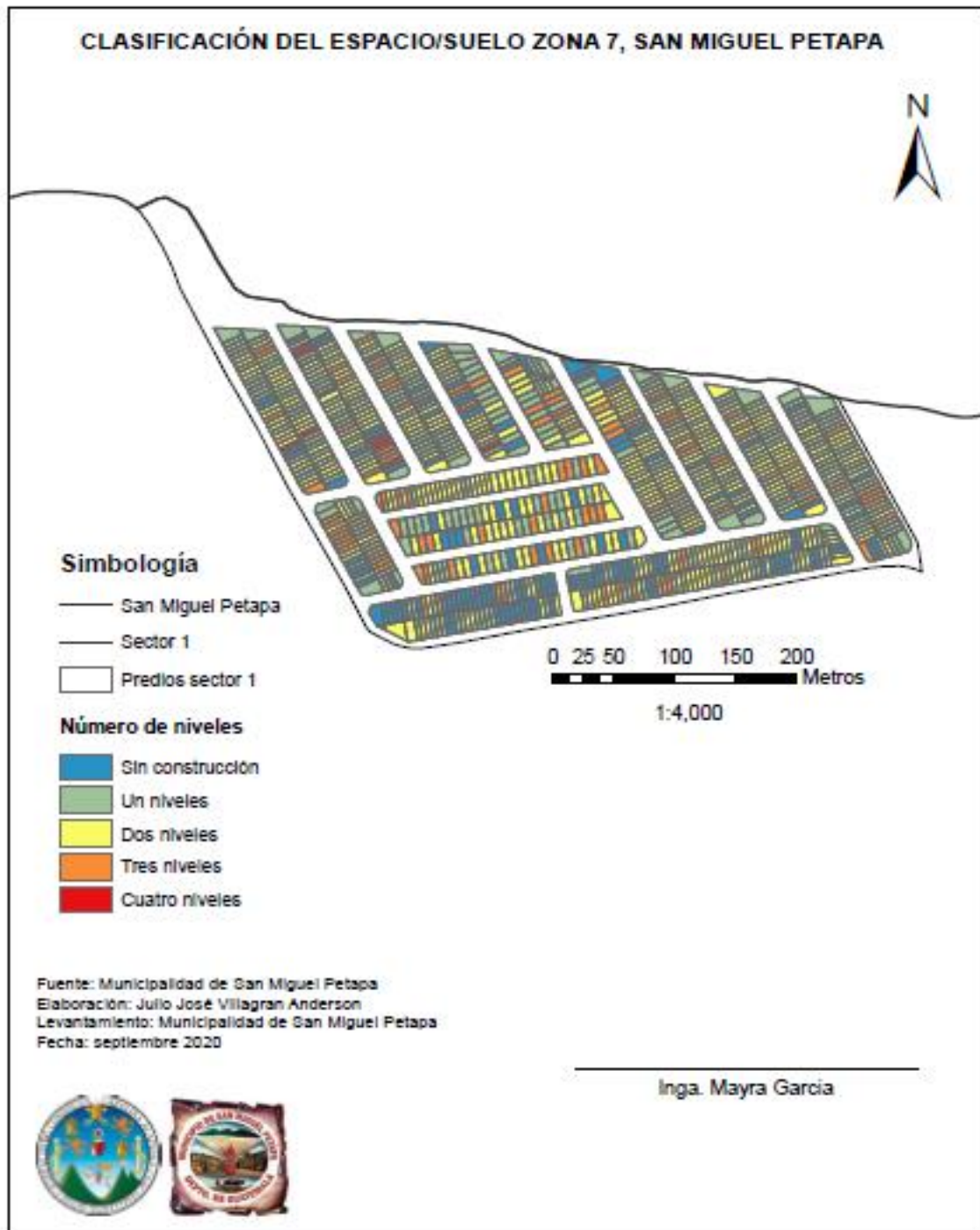


Continuación del apéndice 4.

CLASIFICACIÓN DEL ESPACIO/SUELO ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA



Continuación del apéndice 4.




Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

ANEXO

Anexo 1. Análisis fisicoquímico y microbiológico para la colonia San Antonio, zona 9, San Miguel Petapa, Guatemala

8a avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
 informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600





INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Julio Villegren
 Dirección: San Miguel Petapa

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Colonia San Antonio, San Miguel Petapa	Muestra simple o compuesta: Simple	Responsable del muestreo: CLIENTE
Referencia cliente: Chomo	Temperatura de almacenaje: 5 °C	Recipiente utilizado: Plástico
Fecha de monitoreo: 22 de octubre de 2021	Método de preservación: INSO4-MUE	
Hora de monitoreo: 07:00		
Tipo de muestra: Agua para consumo humano		
Código de muestra: 21-4724-1		
Lot: 21-4724		


Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 22 de octubre de 2021
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 09:45
 Fecha de informe: 28 de octubre de 2021

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Olor Residual	mgL - Cl ₂	0.05	0.07	0.5	1.0	Spéciaqua® (Método 1420)
Olorum ⁽⁴⁾	mgL - Cl ₂	0.4	5.7	100.0	250.0	Spéciaqua® (Método 1488)
Color ⁽⁵⁾	uPt-Co	1	< 1	5.0	35.0	STN 2120 B
Conductividad	uS/cm @ 25°C	0.1	213.0	750	1,500	STN 2110 B
Nitrito	mgL - NO ₂	0.17	4.03	—	50.0	Spéciaqua® (Método 1477)
Nitrato ⁽⁶⁾	mgL - NO ₃	0.026	0.136	—	3.0	Spéciaqua® (Método 1477)
Olor	—	—	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Digipal®/STN
pH	—	0.01	7.40	7.2 - 7.5	6.5 - 8.5	STN 45304 ⁽⁷⁾
Sulfatos	mgL - SO ₄ ²⁻	2	< 2	100.0	250.0	Spéciaqua® (Método 1221)
Turbiedad	UNT	0.5	< 0.5	5.0	15.0	STN 2120 B
Coliformes totales	NMP/100mL	1.1	< 1.1	—	< 1.1	STN 4021 B y C
Escherichia coli	NMP/100mL	1.1	1.1	—	< 1.1	STN 4021 B

⁽¹⁾ mgL = miligramos por litro; uPt = unidades por litro; uS/cm = microsiemens por centímetro; uS/cm = microsiemens por centímetro; uS/cm = microsiemens por centímetro; uS/cm = microsiemens por centímetro.
⁽²⁾ LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUA/DR 4710 29 02).
⁽³⁾ STN: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
⁽⁴⁾ Método aprobado COGUA/DR 4710/2017 según OMA 4-081-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.




 Laboratorio ECOQUIMSA
 Casa de Cero Acreditado
 Ingeniería Química
 Colegiado No. 4873

Laboratorio ECOQUIMSA
 Av. Avenida 10 Zona 10 Mixco
 Guatemala
 P.O. Box 10000
 Guatemala

1/2

Continuación del anexo 1.

Sr. avenida 3-06 zona 2 Colonia Avarado, Mixco, Guatemala
 informacion@ecoquimsa.com.gt | ecoquimsa.com | (502) 2322 3600

líderes en
 ambiente



Guatemala, 28 de octubre de 2021

Señor
 Julio Villagran
 Presente

Estimado Sr. Villagran:

Se muestra a continuación los resultados de análisis de su muestra tomada en la Colonia San Antonio, San Miguel Petapa, en el chorro, consignados en el informe con número de lote 21-4724. Estos resultados se comparan con los límites máximos aceptables y permisibles de la norma COGUANOR NTG 29 001 – Agua para consumo humano (Agua potable).

Análisis	Dimensional	Resultados	LMA	LMP
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.07	0.5	1.0
Cloruros	mg/L - Cl ⁻	5.7	100.0	250.0
Color	u Pt-Co	< 1	5.0	35.0
Conductividad	µS/cm @ 25°C	213.0	750	1,500
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	4.03	—	50.0
Nitritos	mg/L - NO ₂ ⁻	0.108	—	3.0
Olor	—	No rechazable	No rechazable	No rechazable
pH	—	7.40	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	< 2	100.0	250.0
Turbiedad	UNT	< 0.5	5.0	15.0
Coliformes totales	NMP/100mL	> 8.0	—	< 1.1
Escherichia coli	NMP/100mL	1.1	—	< 1.1
Calcio	mg/L - Ca	36.41	75.0	150.0
Hierro	mg/L - Fe	0.061	0.3	—
Magnesio	mg/L - Mg	7.01	50.0	100.0
Manganeso	mg/L - Mn	< 0.014	0.1	0.4
Dureza	mg/L - CaCO ₃	119.8	100.0	500.0

Le manifestamos que, al comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados con la norma COGUANOR NTG 29 001, los parámetro Coliformes totales y Escherichia coli, no cumple con la norma nacional vigente, pues se encuentra por arriba del LMP.

Sin otro particular, le reiteramos que para ECOQUIMSA es un gusto atenderles.

Atentamente,



Fuente: Laboratorio Ecoquimsa.