



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL
CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE
LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA,
GUATEMALA**

Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López

Asesorado por la Inga. Mayra García Soria de Sierra

Guatemala, febrero de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DOUGLAS FERDY RONALDO CASTILLO LÓPEZ
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2021

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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
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:

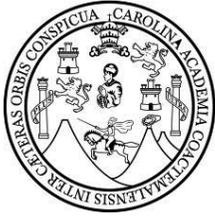
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Ingeniería Civil, con fecha 9 de mayo de 2019.



Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 2 de julio de 2020.
REF.EPS.DOC.MG.01.07.20

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Douglas Ferdý Ronaldo Castillo López**, Registro Académico **201504383** y CUI **2990469660101**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, 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
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c.Archivo
MRGSdS



Guatemala, 18 de agosto de 2020
REF.EPS. D.17.08.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, que fue desarrollado por el estudiante universitario Douglas **Ferdy Ronaldo Castillo López**, CUI 2990 46966 0101 y **Registro Académico** 201504383, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el 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

Nota: esta carta es una copia de la original, la cual se sustituirá por la original al momento de que se normalicen las actividades en la Universidad.



Guatemala, 25 de agosto de 2,020

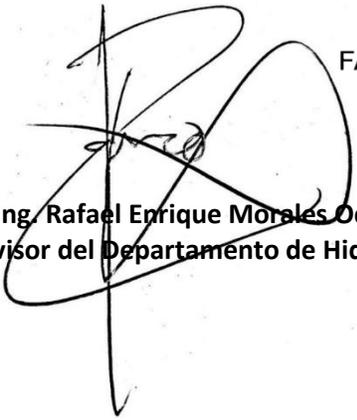
Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **DOUGLAS FERDY RONALDO CASTILLO LÓPEZ** con CUI: **2990469660101**, Registro Académico **201504383**, quién contó con la asesoría de la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA**, Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 25 de agosto de 2020
EIC-JP-008-2020/jcl

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Mayra García Soria de Sierra, no está demás indicarle que el presente trabajo de graduación fue desarrollado en la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.).

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz
Jefe Del Departamento de Planeamiento

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Cc: Estudiante Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López
Archivo





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Douglas Ferdý Ronaldo Castillo López titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, febrero 2021

/mrrm.



DTG. 066.2021.

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 DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, Y LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, ZONA 7, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Creador del universo.

Mis padres

Florentín Castillo Arana e Irma López Aguilar, por su incondicional apoyo y esfuerzo que me han permitido la consecución de este importante logro.

Mi hermana

Kenia Castillo por su apoyo y amor fraternal.

Mis amigos

A todos aquellos amigos que me acompañaron durante la carrera, sin excepción alguna.

.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad de acceder a una educación superior de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para desarrollar la profesión de ingeniería.
Mancomunidad Gran Ciudad del Sur	Por todo el apoyo brindado para la realización de los proyectos de EPS, y por darme la oportunidad de desarrollo profesional.
Municipalidad de San Miguel Petapa	Por el apoyo y recursos proporcionados para el desarrollo de los proyectos realizados.
Unidad de EPS	Por la asesoría y apoyo brindado durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, en especial a la ingeniera Mayra García y al ingeniero Manuel Arrivillaga.
Mis amigos de la Facultad	Por su apoyo, compañía y buenos momentos compartidos durante la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Localización	2
1.1.3. Aspectos físicos.....	3
1.1.4. Aspectos socioeconómicos.....	4
1.1.5. Demografía.....	5
1.1.6. Aspectos climáticos	5
1.2. Principales necesidades del municipio	6
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	7
1.3. Monografía del caserío El Cerro y caserío Callejón Galiz	8
1.3.1. Aspectos generales	8
1.3.2. Localización	8
1.3.3. Vías de acceso	9
1.3.4. Servicios existentes	10
1.4. Monografía de Villa Hermosa 1	11
1.4.1. Aspectos generales	11

1.4.2.	Localización.....	12
1.4.3.	Vías de acceso.....	12
1.4.4.	Servicios existentes.....	13
2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ.....	15
2.1.	Descripción del proyecto.....	15
2.2.	Levantamiento topográfico.....	15
2.2.1.	Planimetría.....	16
2.2.2.	Altimetría.....	16
2.3.	Evaluación de fuente de abastecimiento.....	16
2.3.1.	Aforo.....	16
2.3.2.	Características microbiológicas y fisicoquímicas.....	17
2.4.	Parámetros de diseño.....	19
2.4.1.	Dotación.....	20
2.4.2.	Período de diseño.....	20
2.4.3.	Estimación de población futura.....	20
2.4.4.	Factores de consumo.....	21
2.4.4.1.	Factor día máximo.....	21
2.4.4.2.	Factor horario máximo.....	21
2.4.5.	Velocidades admisibles.....	23
2.4.6.	Presiones admisibles.....	23
2.5.	Determinación de caudales.....	24
2.5.1.	Caudal medio diario.....	24
2.5.2.	Caudal máximo diario.....	25
2.5.3.	Caudal máximo horario.....	25
2.6.	Diseño de los componentes del sistema.....	26
2.6.1.	Captación.....	27
2.6.2.	Línea de conducción.....	27

2.6.2.1.	Caudal de diseño.....	28
2.6.2.2.	Caudal de bombeo y horas de bombeo.....	28
2.6.2.3.	Dimensionamiento de tubería de conducción.....	29
2.6.2.4.	Pérdidas de energía	31
2.6.2.5.	Potencia de bombeo.....	35
2.6.2.6.	Revisión por golpe de ariete	36
2.6.3.	Diseño de la red de distribución.....	41
2.6.3.1.	Propuesta de red	41
2.6.3.2.	Cálculo de caudales	42
2.6.4.	Tanque de distribución	59
2.6.5.	Obras hidráulicas.....	64
2.7.	Operación y mantenimiento.....	66
2.8.	Planos.....	69
2.9.	Presupuesto	70
2.10.	Cronograma de ejecución de obra	70
2.11.	Evaluación ambiental	71
2.12.	Vulnerabilidad del proyecto.	72
3.	LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO EN SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1	81
3.1.	Descripción del proyecto	81
3.2.	Conceptos teóricos.....	82
3.2.1.	Catastro municipal.....	82
3.2.2.	Sistemas de información geográfica.....	82
3.2.2.1.	Información geográfica	83
3.2.2.2.	Capas	84
3.2.2.3.	Topología de entidades espaciales	86

3.2.3.	Sistemas de coordenadas	87
3.2.3.1.	Datum.....	88
3.2.3.2.	Elipsoide.....	88
3.2.3.3.	Proyección GTM (Guatemala Transversa de Mercator)	89
3.2.4.	Georreferenciación	91
3.3.	Delimitación geográfica y división territorial del área	92
3.4.	Categorías de uso de suelo	92
3.5.	Metodología de recolección de información	94
3.5.1.	Visitas de campo	94
3.5.2.	Registro fotográfico a nivel de calle.....	94
3.6.	Digitalización de información geográfica	95
3.6.1.	Software QGIS	96
3.6.2.	Dibujo de geometrías	97
3.6.3.	Especificaciones técnicas de tabla de atributos	98
3.7.	Control de calidad de información geográfica	100
3.7.1.	Validación topológica de geometría	100
3.7.2.	Metadatos.....	101
3.7.3.	Estructura jerárquica de proyecto.....	102
3.8.	Presupuesto del proyecto.....	104
3.9.	Estadísticas de uso de suelo.....	105
3.10.	Mapas de uso de suelo	108
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115
APÉNDICES.....		119
ANEXOS.....		145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de San Miguel Petapa	2
2.	Mapa físico del municipio de San Miguel Petapa	3
3.	Localización de los caseríos	9
4.	Vías de acceso hacia los caseríos	10
5.	Localización de Villa Hermosa 1	12
6.	Curvas hidráulicas de la bomba y del sistema	41
7.	Red de distribución	42
8.	Esquema de cálculo de caudales acumulados	44
9.	Esquema del circuito 1	49
10.	Esquema del circuito 2	54
11.	Curva de volúmenes acumulados para el sistema	63
12.	Representación esquemática de las componentes de la información geográfica	83
13.	Esquema de capas en sistemas de información geográfica	84
14.	Visualización de modelos tipo vectorial y ráster para la representación de información geográfica	85
15.	Ejemplo de relaciones topológicas entre polígonos	87
16.	Esquema de un elipsoide global	89
17.	Visualización de la proyección UTM	90
18.	Delimitación geográfica del área bajo estudio	92
19.	Visualización de registro de imágenes geolocalizadas a través de plataforma Mapillary	95
20.	Visualización archivo CAD con la geometría de los predios	96

21.	Uso de herramientas de autoensamblado y digitalización avanzada en QGIS	98
22.	Visualización de comprobación de topología.....	100
23.	Gráfica de clasificación por subcategoría de uso de suelo	107
24.	Gráfica de clasificación espacial por áreas de ocupación.....	108

TABLAS

I.	Pozos que abastecen a la colonia Villa Hermosa 1	13
II.	Oferta de centros educativos en colonia Villa Hermosa.....	14
III.	Dosificación recomendada de hipoclorito de sodio para diferentes concentraciones de solución.....	18
IV.	Demanda mensual de solución de hipoclorito de sodio para desinfección	19
V.	Patrón de consumo horario.....	22
VI.	Presiones admisibles para diferentes clases de tubería de PVC.....	23
VII.	Características generales de la fuente de abastecimiento.....	27
VIII.	Datos curva hidráulica del sistema	39
IX.	Datos de curva hidráulica para bomba propuesta.....	40
X.	Datos iniciales para la aplicación del método de Hardy-Cross en el circuito 1	50
XI.	Parámetros para cálculo de corrección en el circuito 1.....	52
XII.	Pérdidas de energía y relación h_f/Q circuito 1.....	53
XIII.	Parámetros para cálculo de corrección en el circuito 2.....	55
XIV.	Pérdidas de energía y relación h_f/Q circuito 1.....	56
XV.	Caudales primera iteración método de Hardy-Cross	58
XVI.	Caudales demandados por el sistema.....	60
XVII.	Cálculo de volúmenes de suministro frente a demanda	62

XVIII.	Cálculo de volúmenes acumulados y diferencia de volumen instantánea.....	63
XIX.	Índice de planos	70
XX.	Cronograma de ejecución propuesto	71
XXI.	Matriz de Leopold modificada para el proyecto de abastecimiento de agua potable	72
XXII.	Identificación de amenazas.....	73
XXIII.	Evaluación de vulnerabilidad.....	76
XXIV.	Comparación de modelos ráster y vectorial para almacenamiento de información geográfica	86
XXV.	Parámetros que definen la proyección GTM.....	91
XXVI.	Categorías y subcategorías de uso de suelo	93
XXVII.	Tabla de atributos para capa de predios	99
XXVIII.	Tabla de atributos para capa de calles.....	99
XXIX.	Costos de generación de información geográfica	105
XXX.	Clasificación por subcategoría de uso de suelo	106
XXXI.	Clasificación espacial por áreas de ocupación.....	107
XXXII.	Índice de mapas	109

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura de bombeo
hp	Caballos de fuerza
h_b	Carga dinámica total de bombeo
Q	Caudal
Q_b	Caudal de bombeo
q	Caudal de uso simultáneo
Q_{DM}	Caudal diario máximo
Q_{HM}	Caudal horario máximo
Q_{hi}	Caudal horario para la hora i
Q_s	Caudal suministrado
a	Celeridad de onda por golpe de ariete
C	Coeficiente de Hazen-Williams
S	Concentración de solución
g	Constante de gravedad
k	Constante de uso simultáneo
ΔQ	Corrección de caudal para método de Hardy Cross
D_c	Demanda total de cloro
D	Diámetro
D_s	Dosificación de solución
K_i	Factor de consumo horario
F_{DM}	Factor día máximo
F_{HM}	Factor horario máximo
gpm	Galones por minuto

°C	Grados Celsius
psi	Libras por pulgada cuadrada
L/hab/día	Litros por habitante por día
L/h	Litros por hora
L/s	Litros por segundo
L	Longitud de tubería
m.c.a.	Metros columna de agua
m³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramos por litro
mm	Milímetro
B	Módulo de elasticidad volumétrica
n	Número de años
h_f	Pérdida de energía por fricción
h_L	Pérdidas menores
P_o	Población inicial
P_f	Población proyectada
P_N	Potencia nominal
P	Presión
r	Tasa de variación poblacional
t_b	Tiempo de bombeo
v	Velocidad de flujo
V_c	Volumen compensador
V_d	Volumen diario de consumo para una población
V_e	Volumen entrada
V_s	Volumen salida

GLOSARIO

Aforo	Medición del caudal de una fuente de abastecimiento.
Agua potable	Agua que por sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas no representa un riesgo para la salud del consumidor.
Amenaza	Peligro latente de que un evento físico natural o inducido por acción humana, se presente con una severidad suficiente para causar daños sobre la infraestructura.
Capa	Unidad fundamental de información geográfica que contiene información concreta sobre un tema específico, para su visualización y procesamiento.
Captación	Estructura o conjunto de estructuras que tienen por finalidad recolectar el agua de una fuente de abastecimiento, de forma segura y estable.
Catastro	Inventario técnico de información territorial y legal sobre los predios del territorio nacional, disponible para usos multifinalitarios.
Caudal	Volumen de fluido que circula por unidad de tiempo en una sección de tubería.

Caudal de bombeo	Caudal que debe suministrarse en una línea de impulsión para asegurar que se cumpla la demanda diaria, considerando el funcionamiento del equipo de bombeo por menos de 24 horas.
Desinfección	Proceso químico que conlleva la eliminación y desactivación de microorganismos presentes en el agua, sean o no patógenos.
Dotación	Cantidad de agua asignada a un habitante de una población en un día, según sus necesidades.
Georreferenciación	Uso de coordenadas para asignar una ubicación a entidades espaciales.
Infraestructura	Conjunto de elementos o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país o sociedad.
Límite máximo aceptable	Valor de concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual es perceptible sensorialmente, pero no implica un daño a la salud.
Límite máximo permisible	Valor de concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no se considera adecuada para consumo humano.
Línea de conducción	Conjunto de tuberías y estructuras complementarias que cumplen el propósito de trasladar el agua desde la captación hasta un tanque o red de distribución.

Línea de impulsión	Línea de conducción que requiere la adición de energía para transportar el caudal de diseño.
Metadato	Datos que describen los datos espaciales, explicando su significado y permitiendo su correcta interpretación.
Período de diseño	Tiempo determinado para el cual se considera funcional un sistema, siendo capaz de operar con eficiencia su cometido.
Predio	Polígono que sirve de unidad territorial del proceso catastral.
Presión dinámica	Presión ejercida por un fluido que no se encuentra en movimiento.
Presión estática	Presión ejercida en un punto por un fluido que se encuentra fluyendo, de tal manera que existe una disminución debido a las pérdidas de carga por fricción.
Proyección cartográfica	Representación plana de la superficie de la Tierra, a través de relaciones geométricas.
Proyección de población	Estimación del número de habitantes para un tiempo futuro.
Red de distribución	Conjunto de dispositivos que cumplen la función de distribuir el agua hacia los puntos de consumo en un sistema de agua potable.

Riesgo	Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas a causa de un desastre, como resultado de la interacción entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.
Topología	Conjunto de reglas que permiten modelar relaciones geométricas entre distintas entidades espaciales.
Uso de suelo	Distribución espacial de las actividades que se desarrollan en zonas delimitadas, lo cual puede ser objeto de regulación con el objetivo de mejorar la calidad de vida y desarrollo en una zona.
Vulnerabilidad	Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, políticos, económicos y ambientales, que aumentan la predisposición y susceptibilidad de una comunidad al impacto negativo de un fenómeno perjudicial.

RESUMEN

Actualmente, existen diversas problemáticas en el municipio de San Miguel Petapa, priorizándose el aumento de la cobertura y calidad de los servicios básicos, así como el fortalecimiento del catastro municipal, temáticas abordadas a través del desarrollo de los proyectos de Ejercicio Profesional Supervisado contenidos en el presente trabajo.

Los caseríos El Cerro y Callejón Galiz son localidades que presentan un gran crecimiento poblacional, generando una mayor demanda sobre el servicio de agua potable, en consecuencia, el funcionamiento del sistema es deficiente en algunos sectores. Por este motivo surge la necesidad de efectuar un nuevo diseño, adecuado a la situación actual. Respondiendo a la necesidad se realizó el diseño de la distribución, empleando criterios de la guía de normas de INFOM.

Adicionalmente, se digitalizó información sobre uso de suelo para cada uno de los predios de los sectores 1, 2 y 3 de la colonia Villa Hermosa I, empleando un sistema de información geográfica, dicha información fue adquirida a través de recorridos de campo y la creación de un registro fotográfico georreferenciado y otros insumos como fotografías satelitales proporcionados por la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur y la municipalidad de San Miguel Petapa. A partir de la información digitalizada se generaron mapas temáticos y productos de información geográfica con el objetivo de fortalecer el catastro municipal.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos el Cerro y Callejón Galiz; y generar información predial sobre uso de suelo en los sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa, para el fortalecimiento catastral.

Específicos

1. Describir a través de información monográfica el municipio de San Miguel Petapa, y características generales de los caseríos El Cerro, Callejón Galiz, y Villa Hermosa 1.
2. Realizar el diseño del sistema de distribución de agua potable orientado a mejorar la calidad del servicio que se suministra a los caseríos El Cerro y Callejón Galiz.
3. Generar capas vectoriales y cartografía con información sobre uso de suelo actual, a través de un registro fotográfico georreferenciado, para los sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1.

INTRODUCCIÓN

San Miguel Petapa está situado al sur del departamento de Guatemala, es un municipio que presenta características predominantemente urbanas y tiene una alta densidad poblacional, situación que genera una gran demanda sobre los servicios básicos e infraestructura, así como la necesidad de formular políticas efectivas para garantizar el desarrollo del municipio.

El municipio debido a su ubicación geográfica se ha constituido como una ciudad dormitorio, concentrando una gran población que ha llegado en busca de mejores condiciones de vida o propiedades más baratas. Por esta condición durante los últimos años ha surgido un gran crecimiento poblacional en varios centros poblados.

Este es el caso de los caseríos El Cerro y Callejón Galiz, los cuales tienen deficiencias en el suministro de agua potable, existiendo una mala distribución en el sistema actual, ocasionada por el crecimiento descontrolado de estas poblaciones que han aumentado su cobertura y densidad durante los últimos años. El servicio de agua potable es fundamental para la calidad de vida de la población, ya que incide directamente en su salud y el agua es un recurso fundamental para la actividad humana.

Para abordar la situación del servicio de agua potable se planteó el diseño del sistema para la demanda futura, tomando en cuenta los elementos del sistema actual, evaluando su capacidad futura, se realizó el diseño de 4 781 km de red de distribución. Beneficiando a una población de aproximadamente 6 055 habitantes de ambos caseríos.

Otro de los efectos en la intensificación del crecimiento poblacional es la generación de núcleos urbanos de alta densidad, que en ausencia de directrices de ordenamiento son más difíciles de administrar, están más susceptibles ante desastres naturales y tienen impactos negativos sobre la calidad de vida de los habitantes. Una de las competencias de las municipalidades es la formulación de planes y proyectos en beneficio de la población se hace necesario contar con información del territorio que permita orientar los procesos de planificación en la dirección correcta, de acuerdo con las necesidades particulares de los centros poblados.

Atendiendo a la problemática se generaron productos de información predial con el objetivo de impulsar el fortalecimiento del catastro municipal, siendo este uno de los pilares para garantizar los procesos de desarrollo en el municipio. Se generó un registro fotográfico a nivel de calle, para los sectores estudiados, realizando recorridos en campo, adicionalmente se emplearon imágenes satelitales proporcionadas para definir los usos de suelo actuales en cada uno de los predios, así como otra información referente a las calles.

Dicha información se digitalizó en capas vectoriales las cuales en sí mismas se constituyen como insumos para generar otros análisis posteriores. Adicionalmente, se generaron mapas temáticos para la visualización de la información contenida en las capas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa

San Miguel Petapa es uno de los municipios del departamento de Guatemala y forma parte de la subregión sur del área metropolitana. A continuación, se presenta una breve monografía del municipio, describe múltiples aspectos relevantes para el desarrollo del presente trabajo.

1.1.1. Historia

El pueblo de San Miguel Petapa originalmente fue creado tomando como base para su formación los asentamientos humanos indígenas localizados en el área conocida como Taltic o Taltique, su estructuración se remonta al período de Conquista y Colonización 1522-1550,¹ cuando surge la necesidad de crear mecanismos de regularización y administración de los recursos económicos con los que se contaban, originalmente el pueblo ocupó la ubicación de lo que actualmente es Villa Canales.

San Miguel Petapa durante el Período Colonial se caracterizó por ser una población con prosperidad y desarrollo económico, posteriormente en 1762 ocurre una inundación, lo cual obliga a trasladar el pueblo hacia una ubicación entre el Valle de la Horca y el Llano de la Majada (entre el casco urbano actual y el Parque Ecológico La Cerra).²

¹ GONZÁLEZ, Rosa. *Conflicto social y traslados del pueblo de San Miguel Petapa, 1762-1855*. p. 26-29.

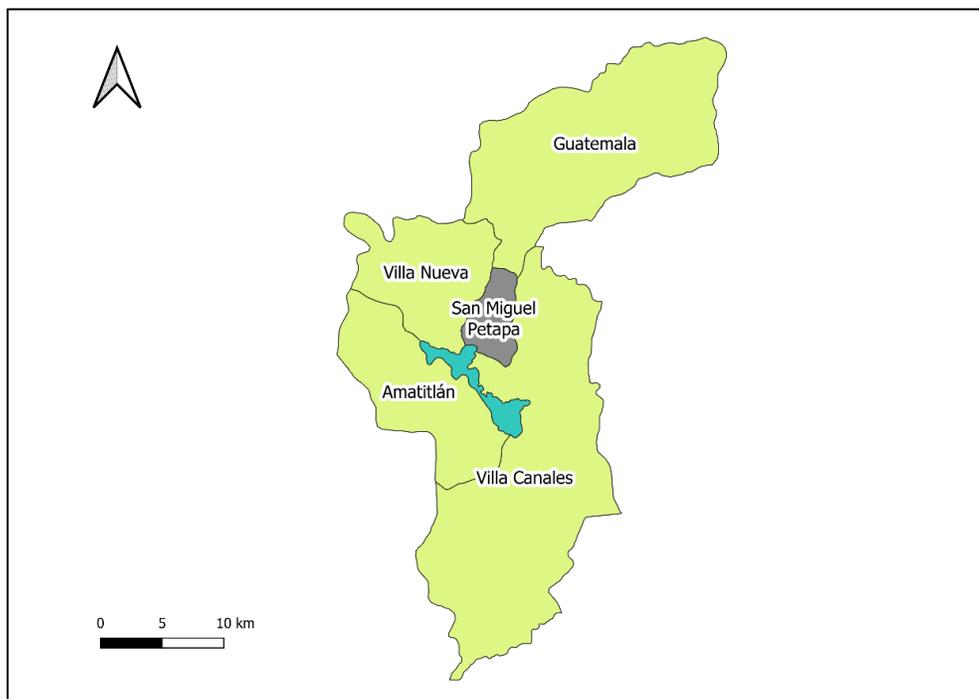
² *Ibid.* p. 43-48.

En 1830 ocurre un terremoto que provocó destrucción en el pueblo, por lo que se decide trasladarlo a su actual ubicación, fue hasta 1855 que se logra consolidar en su ubicación actual.³

1.1.2. Localización

El municipio de San Miguel Petapa está ubicado al sur del departamento de Guatemala, aproximadamente a 20 km de la ciudad de Guatemala. Colinda al norte con el municipio de Villa Nueva; al sur, con el Lago de Amatitlán; al este, con Villa Canales y al oeste, con Villa Nueva.

Figura 1. **Ubicación del municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS según Instituto Geográfico Nacional.

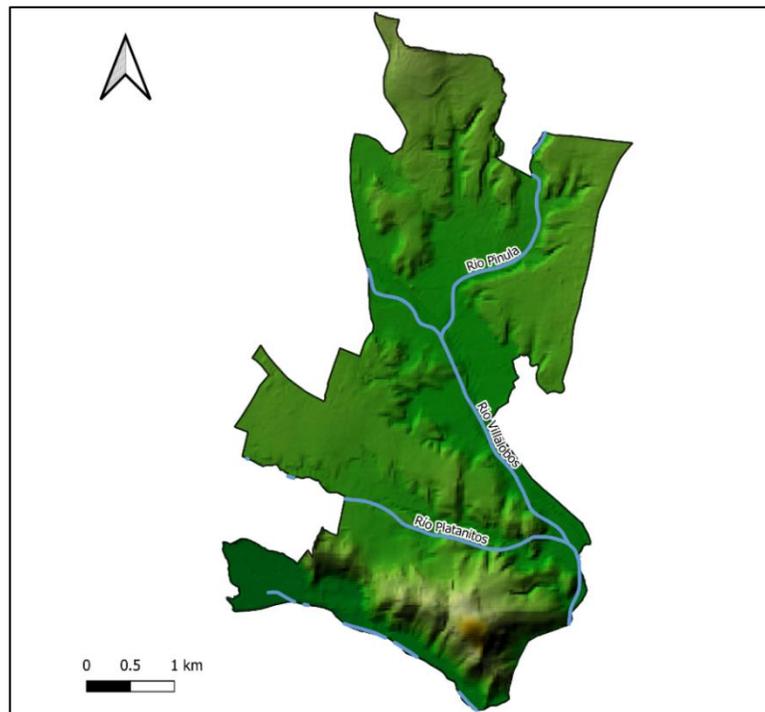
http://ide.segeplan.gob.gt/descarga_shp/municipios_gtm.zip. Consulta: 29 de junio de 2019.

³ GONZÁLEZ, Rosa. *Conflicto social y traslados del pueblo de San Miguel Petapa, 1762-1855*. p. 67.

1.1.3. Aspectos físicos

De acuerdo con información de SEGEPLAN, el municipio tiene una extensión territorial de 24,64 kilómetros cuadrados, se ubica en una elevación alrededor de los 1 285 metros sobre el nivel del mar. La mayor parte del territorio de San Miguel Petapa tiene una pendiente baja, un 41,76 % del área total del municipio puede considerarse como valle y un 58,24 % como terreno de montaña. Únicamente un 9,25 % del total del área tiene pendientes superiores al 45 %, dejando un porcentaje de 90,75 % de área que puede ser habitable. ⁴

Figura 2. **Mapa físico del municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS, capas de relieve y ríos obtenidas de Infraestructura de Datos Espaciales de SEGEPLAN. <http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>

Consulta: 29 de junio de 2019.

⁴ Consejo Municipal de Desarrollo de San Miguel Petapa y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de Desarrollo San Miguel Petapa*. p. 41 y 53.

El municipio es atravesado de norte a sur por los ríos Pinula, Villalobos y Platanitos, los cuales confluyen en el río Villalobos para desembocar al lago de Amatitlán (ver figura 2). También existen algunos riachuelos, quebradas y manantiales, siendo el principal el manantial de Ojo de Agua, el cual abastece de agua a la zona 21 de la ciudad de Guatemala y a algunos sectores del municipio.

1.1.4. Aspectos socioeconómicos

Las actividades económicas predominantes en el municipio son la industria, el comercio, y la agricultura de subsistencia. La producción agrícola se basa en granos básicos, hortalizas, café y caña de azúcar. La actividad industrial está constituida por fábricas textiles, maquilas, talabartería, alimentos envasados, entre otros.⁵

La mayor cantidad de industrias se encuentran ubicadas en Los Álamos (zona 6), Villa Hermosa (zona 7), San Antonio (zona 9), y Granjas Gerona (zona 8), mientras que la actividad comercial se encuentra mayormente concentrada en el casco urbano central y la agricultura en el área sur.⁶

Según información del censo nacional realizado en 2018 un 44,8 % constituye la población económicamente activa del municipio. De la población económicamente activa existe un alto porcentaje de ocupación (96,4 %), por lo que existe una baja tasa de desempleo.⁷ Las principales fuentes de empleo dentro del municipio se encuentran en la industria, debido a

⁵ Consejo Municipal de Desarrollo de San Miguel Petapa y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de Desarrollo San Miguel Petapa*. p. 50 y 54.

⁶ *Ibíd.* p. 52.

⁷ Instituto Nacional de Estadística. *Resultados del Censo 2018*. <https://www.censopoblacion.gt/explorador>.

la presencia de gran cantidad de fábricas en el municipio ubicadas en distintos sectores, sin embargo, el mayor mercado laboral se encuentra en la ciudad capital, generando que gran cantidad de la población migre a diario.

La incidencia de pobreza es relativamente baja en el municipio, para el año 2002 el porcentaje de personas en pobreza extrema era de 0,79 %, y el de personas que viven en pobreza general es del 11,82 %.

1.1.5. Demografía

Según información del INE la población del municipio en 2018 era de 135 447. Del total de población una mayoría es ladina (93,4 %), mientras que un 5,5 % representa población indígena, mayoritariamente cakchiquel y quiché.⁸

Su densidad poblacional para el 2002 era de 2 578 habitantes por kilómetro cuadrado, la cual aumentó a un aproximado de 5 497 habitantes por kilómetro cuadrado en 2018.⁹ encontrándose la mayor concentración de la población en Villa Hermosa y en el casco urbano, dicha densidad ha variado hacia 2019 con una tendencia de aumento. Su población es mayoritariamente urbana (95,3 % del total), mientras que la población rural constituye únicamente un 4,7 %.

1.1.6. Aspectos climáticos

Según información de INSIVUMEH generada con registros históricos para el período de 1928 a 2003, San Miguel Petapa posee un clima templado, con una temperatura promedio de 21 °C, una temperatura mínima promedio anual

⁸ Instituto Nacional de Estadística. *Resultados del Censo 2018*. <https://www.censopoblacion.gt/explorador>.

⁹ Ibid.

de 15 °C y una máxima promedio anual de 26,3 °C. Durante el año se acentúa una época seca y una época lluviosa. Las mayores precipitaciones ocurren durante el verano (principalmente en junio) con un promedio de 252 mm de precipitación. La precipitación pluvial media es de 1 093,7 mm/año.¹⁰

1.2. Principales necesidades del municipio

San Miguel Petapa es un municipio con características predominantemente urbanas, que ha tenido un crecimiento poblacional elevado en gran parte a causa de migración, lo cual coloca una gran demanda sobre los servicios e infraestructura pública y genera la necesidad de proyectos de desarrollo para dar respuesta a las carencias y deficiencias existentes. A continuación, se describen las necesidades actualmente más relevantes en materia de infraestructura y servicios públicos.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Respecto del desarrollo de infraestructura en el municipio se requiere el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable en varios centros poblados en los cuales se tiene deficiencia en el servicio, de la regulación en el uso del agua, así como proyectos orientados a aumentar la producción de agua subterránea para contrarrestar la disminución de los niveles freáticos.

Otra de las grandes necesidades existentes es la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario en algunos centros poblados que aún no lo poseen, de igual forma se requiere del desarrollo de proyectos de alcantarillado

¹⁰ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Normales Climáticas*. <http://www.insivumeh.gob.gt/normas-climaticas>.

pluvial, así como el mantenimiento y mejora de los existentes. El manejo de residuos líquidos y sólidos aún persiste como una necesidad para mejorar las condiciones sanitarias en los centros poblados y para dar cumplimiento a la reglamentación existente, tal como el reglamento 236-2006 para el manejo de aguas residuales.

Es necesario también el aumento de la cobertura en educación y salud para el municipio a través de la implementación de infraestructura destinada a estos fines. Por otra parte, el municipio enfrenta actualmente el reto de mejorar la movilidad dentro de su área urbana, de tal manera que se mejore la calidad de vida de los habitantes y se potencie el desarrollo económico. De esta cuenta se requiere la construcción de nuevas vías alternas, así como el mantenimiento y mejoramiento de las vías existentes.

Adicionalmente, se requiere el fortalecimiento del catastro municipal, con el objetivo de mejorar la administración y elevar la recaudación del Impuesto Único Sobre Inmuebles, establecer políticas y regulaciones de ordenamiento urbano y fortalecer los procesos de planificación orientados a mejorar los servicios públicos. Además del mantenimiento y actualización del catastro municipal se requiere la creación de una oficina para el control del desarrollo urbano.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

Debido a la naturaleza de las necesidades descritas anteriormente, a los ejes de planificación establecidos por la municipalidad, y a los alcances del programa de EPS se consideran prioritarios el desarrollo de proyectos en las siguientes áreas:

- El diseño y mejoramiento de los sistemas de agua potable para varios centros poblados.
- Mejora de las vías en el municipio para mejorar la accesibilidad a distintos sectores del municipio.
- Generación de información geográfica para el fortalecimiento del catastro municipal.

1.3. Monografía del caserío El Cerro y caserío Callejón Galiz

En la presente sección se describen aspectos generales de los caseríos El Cerro y Callejón Galiz, su localización geográfica, vías de acceso y servicios existentes.

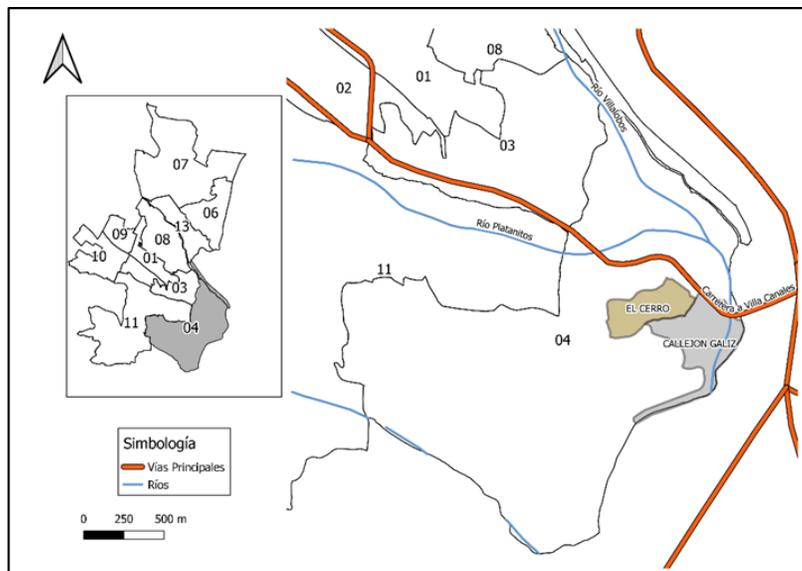
1.3.1. Aspectos generales

Los caseríos El Cerro y Callejón Galiz están ubicados al sur del municipio, en cercanías del parque ecológico La Cerra. Están ubicados en una elevación alrededor de los 1 270 msnm. Las pendientes en el caserío El Cerro son grandes (entre 5 % y 35 %), mientras que en el caserío Callejón Galiz se tienen pendientes menores en su mayoría.

1.3.2. Localización

Los caseríos están ubicados en la zona 4 del municipio de San Miguel Petapa (al sur del municipio), aproximadamente a 2,7 km desde la cabecera municipal (ver figura 3).

Figura 3. **Localización de los caseríos**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS. Capas obtenidas de Municipalidad de San Miguel Petapa e Infraestructura de Datos Espaciales de SEGEPLAN.

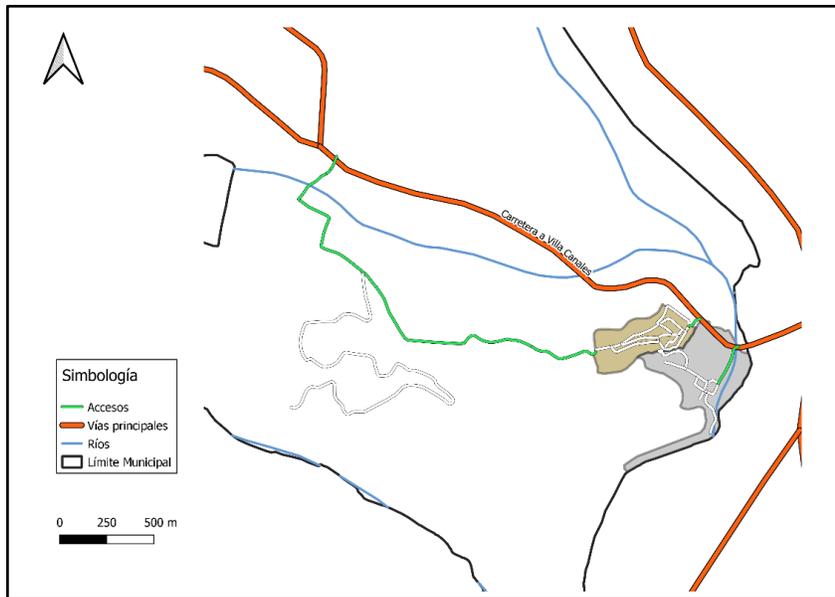
<http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>. Consulta: 29 de junio de 2019.

1.3.3. **Vías de acceso**

Para acceder al caserío El Cerro existen dos vías del camino que se dirige hacia el Parque Ecológico La Cerra a través de carretera no pavimentada. A través de la carretera que se dirige hacia Villa Canales, a la altura de Santa Inés Petapa, esta vía de acceso es únicamente peatonal.

El acceso hacia el caserío Callejón Galiz se encuentra ubicado sobre la carretera que se dirige hacia Villa Canales, entre el puente Platanitos y el Puente la Unión a través de carretera pavimentada. Los accesos se muestran en la figura a continuación.

Figura 4. **Vías de acceso hacia los caseríos**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS, Capas obtenidas de Municipalidad de San Miguel Petapa e Infraestructura de Datos Espaciales de SEGEPLAN.
<http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>. Consulta: 29 de junio de 2019.

1.3.4. Servicios existentes

En el caserío El Cerro la población actualmente cuenta con servicio de agua potable de tipo predial, del cual reciben agua 24 horas, sin embargo, en varios sectores se reporta una deficiencia en el servicio. No cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, por lo que en su mayoría las familias utilizan pozos ciegos para la disposición de excretas y las aguas grises corren a flor de tierra.

A pesar de que aún no se ha realizado la construcción del sistema de alcantarillado sanitario se cuenta con el diseño.

En el caserío existe acceso a energía eléctrica y alumbrado público, respecto a los servicios educativos cuenta con una Escuela Oficial Rural Mixta, en la cual se imparte el nivel primario y preprimario.¹¹

El caserío Callejón Galiz cuenta con pavimentación en algunas vías principales, actualmente cuenta con servicio de agua potable, presentando considerables deficiencias en su funcionamiento, especialmente en los sectores con mayor elevación. El manejo de las aguas residuales es a través de canales abiertos, mientras que en los sectores más alejados se utilizan pozos ciegos. También cuenta con acceso a energía eléctrica y alumbrado público.

1.4. Monografía de Villa Hermosa 1

A continuación, se abordan generalidades de la colonia Villa Hermosa 1, con el objetivo de brindar contextualización para comprender las condiciones del área contemplada en el proyecto de localización predial y uso de suelo.

1.4.1. Aspectos generales

La división territorial de la colonia Villa Hermosa 1 está conformada por 12 sectores, con uso predominantemente residencial y una población grande, para 2002 según información del INE, la población total de las colonias Villa Hermosa I y II era de 27 328 habitantes. Está ubicada entre elevaciones de alrededor de 1 230 a 1 320 msnm.¹² La colonia es atravesada por el río Pinula, lo cual aumenta el riesgo de desastres en algunos sectores.

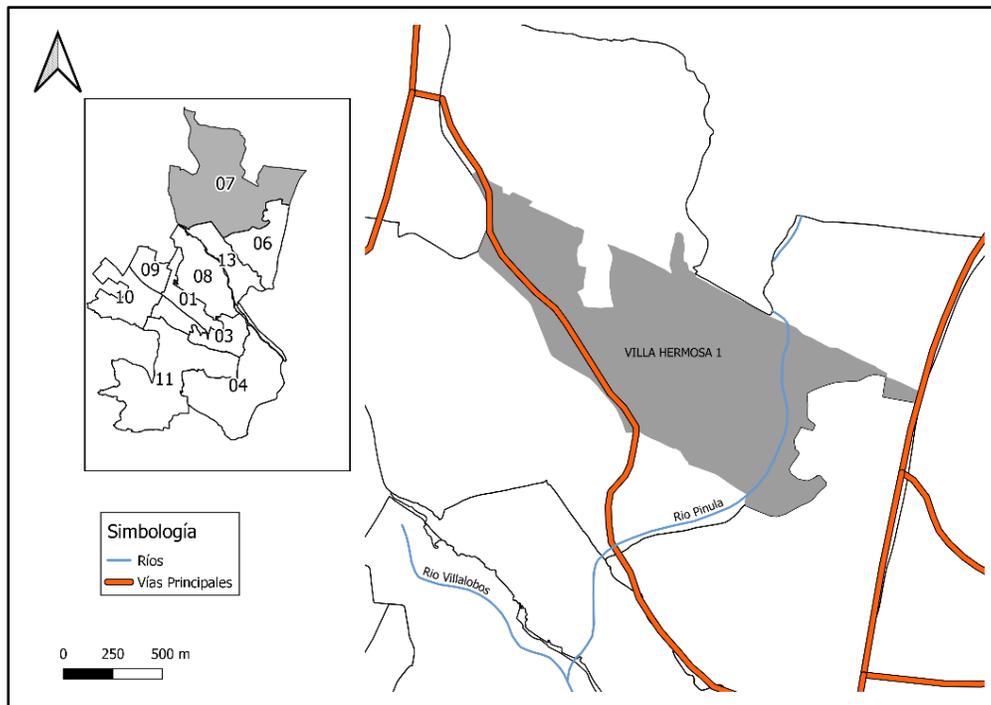
¹¹ Ministerio de Educación. *Búsqueda de establecimientos*. http://www.mineduc.gob.gt/BUSCAESTABLECIMIENTO_GE/.

¹² Instituto Geográfico Nacional. *Hojas Cartográficas 1:50 000*. <http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/servicios.html>.

1.4.2. Localización

La colonia Villa Hermosa 1 se encuentra ubicada en la zona 7, al norte del municipio, colinda al norte con la colonia Prados de Villa Hermosa y Residenciales Alamedas de Villa Flores, al este con la colonia Los Álamos, al sur con la colonia Villa Hermosa II, y al oeste con la avenida Petapa.

Figura 5. Localización de Villa Hermosa 1



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS. Capas obtenidas de Municipalidad de San Miguel Petapa e Infraestructura de Datos Espaciales de SEGEPLAN.

<http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>. Consulta: 29 de junio de 2019.

1.4.3. Vías de acceso

Los accesos desde la ciudad capital son a través de la avenida Petapa, o a través de Boca del Monte, por la carretera que se dirige hacia Villa Canales,

mientras que desde el casco urbano central se puede llegar ingresando hacia el puente San Miguel por Granjas Las Joyas.

1.4.4. Servicios existentes

La colonia cuenta con servicio de agua potable la cual es extraída a través de 7 pozos mecánicos que abastecen a los distintos sectores. Respecto del saneamiento se cuenta con alcantarillado sanitario y pluvial. Las vías se encuentran pavimentadas, existe acceso a energía eléctrica y alumbrado público.

Tabla I. **Pozos que abastecen a la colonia Villa Hermosa 1**

Pozo	Tipo
Pozo Sector 10 Villa Hermosa 1	Municipal
Pozo Los Naranjos 1	Municipal
Pozo Sector 9 Villa Hermosa 1	Municipal
Pozo Sector 9 Al Fondo	Municipal
Pozo Sector 3 Villa Hermosa 1	Municipal
Pozo Sector 6 Villa Hermosa 1	Municipal
Pozo Sector 1 Villa Hermosa 1	Municipal

Fuente: Dirección de Servicios Públicos, municipalidad de San Miguel Petapa.

En la colonia existe cobertura educativa para los distintos niveles, ya que se encuentran varios centros educativos, cuya oferta se detalla en la tabla a continuación. Respecto de los servicios de salud en el sector 6 de Villa Hermosa I se encuentra ubicado uno de los dos centros de salud que brindan servicio a todo el municipio.

Tabla II. **Oferta de centros educativos en colonia Villa Hermosa**

Nivel educativo	Número de centros educativos que ofrecen el nivel		
	Privados	Oficiales	Total
Preprimaria	8	3	11
Primaria	10	2	12
Básicos	8	0	8
Diversificado	10	0	10

Fuente: Ministerio de Educación. *Búsqueda de establecimientos.*

http://www.mineduc.gob.gt/BUSCAESTABLECIMIENTO_GE/. Consulta: 15 junio 2019.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ

2.1. Descripción del proyecto

El crecimiento de la población en los caseríos El Cerro y Callejón Galiz, ha provocado un aumento sobre la demanda del servicio de agua potable. Como consecuencia del aumento en la demanda y a la variación de la distribución originalmente contemplada para el proyecto, se tiene que existen sectores en ambos caseríos que reciben un servicio deficiente y discontinuo.

El proyecto de abastecimiento de agua potable beneficiará a más de 800 familias de ambos caseríos, respondiendo a la problemática actual. La fuente de abastecimiento para el sistema es un pozo mecánico, por lo que la conducción se realiza por bombeo. Actualmente, se cuenta con un tanque de almacenamiento de 300 m³, para el cual se evaluará sobre las condiciones de demanda futura si proporciona el almacenamiento suficiente para el proyecto. Ahora se contempla el diseño de 4 781 m de red de distribución.

2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico para determinar la posición de puntos relevantes identificando, estructuras existentes, calles, caminos, y la ubicación de viviendas. Para el levantamiento se utilizó equipo estación total South NTS-375.

2.2.1. Planimetría

La planimetría comprende la ubicación de los puntos sobre el plano, se realizó el levantamiento topográfico aplicando el método de conservación de azimut, radiando en los puntos de interés para el proyecto.

2.2.2. Altimetría

La altimetría comprende la determinación de las elevaciones de cada uno de los puntos dentro del sistema de coordenadas de referencia. Se realizaron las mediciones necesarias de tal forma que se pudiera modelar la superficie del terreno y conocer las elevaciones y pendientes, siendo esta información de vital importancia para el diseño del proyecto.

2.3. Evaluación de fuente de abastecimiento

Actualmente se cuenta con un pozo como fuente de abastecimiento para el proyecto, por lo cual se tomará en cuenta su producción estimada como parámetro de diseño y se efectuará una evaluación de las características microbiológicas y físicoquímicas del agua extraída de dicha fuente.

2.3.1. Aforo

Según información proporcionada por la dirección de servicios públicos para el último aforo realizado a través del método volumétrico en la fuente de abastecimiento se tuvo un caudal de 300 gpm, lo cual corresponde a 18,93 L/s.

2.3.2. Características microbiológicas y fisicoquímicas

Según los análisis fisicoquímicos y microbiológicos efectuados para la fuente de abastecimiento, desde el punto de vista fisicoquímico se tiene que las sustancias establecidas en la norma COGUANOR NGO 29001 se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, exceptuando la dureza total y el manganeso, los cuales superan los límites máximos permisibles, encontrándose dentro de los límites máximos aceptables, por lo que no es rechazable.

Debido a la existencia de un parámetro alto de manganeso y dureza total, el manganeso puede ser oxidado por el hipoclorito de sodio.¹³ Sin embargo, se recomienda la aplicación de un sistema de tratamiento previo complementario, por medios físicos o químicos complementario a la desinfección, con el objetivo de reducir la concentración de manganeso, el cual puede ocasionar efectos no deseados en el agua.

Respecto del análisis microbiológico se encontró presencia de coliformes fecales, por lo que se requerirá prestar especial atención al uso del sistema de desinfección. Actualmente el sistema cuenta con una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio, con una capacidad máxima de 2,9 L/h. Para una demanda de cloro estimada de 0,2 mg/L, la dosificación recomendada está dada por la siguiente expresión.¹⁴

$$D_s = \frac{D_c Q}{S}$$

¹³ Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. p. 40.

¹⁴ Organización Panamericana de la Salud. *La desinfección del agua*. p. 19.

Donde:

D_s = dosificación de solución (L/H)

D_c = demanda total de cloro (mg/L)

Q = caudal (m³/h)

S = concentración de la solución de hipoclorito de sodio a suministrar (g/L)

Teniendo un caudal de ingreso de 18,46 L/s al tanque, y para una solución al 2 % m/v de hipoclorito de sodio, se tiene lo siguiente:

$$D = \frac{0,2 \text{ mg/L} * \left(18,46 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{L}} \right)}{20 \text{ g/L}} = 0,66 \text{ L/s}$$

Para otras concentraciones de la solución de hipoclorito de sodio a emplear distintas al 2 % se puede calcular de la misma manera la dosificación necesaria. Normalmente se emplean concentraciones del 2 %, 5 % y 10 %, por lo que se calculó para cada una de las concentraciones de la solución, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla III. **Dosificación recomendada de hipoclorito de sodio para diferentes concentraciones de solución**

Concentración de solución de hipoclorito de sodio (%m/v)	Concentración de hipoclorito de sodio (g/L)	Dosificación recomendada (L/h)
2 %	20	0,66
5 %	50	0,27
10 %	100	0,13

Fuente: elaboración propia.

A partir de la dosificación requerida se puede calcular la demanda mensual de solución de hipoclorito de sodio por suministrar:

$$0,66 \frac{L}{h} * \frac{24 h}{1 \text{ día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ gal}}{3,785 L} = 127 \text{ gal/mes}$$

Para las siguientes concentraciones la demanda mensual se calculó utilizando el procedimiento descrito anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla IV. **Demanda mensual de solución de hipoclorito de sodio para desinfección**

Concentración de solución de hipoclorito de sodio (%m/v)	Dosificación recomendada (L/H)	Galones/mes
2 %	0,66	126
5 %	0,27	51
10 %	0,13	26

Fuente: elaboración propia.

2.4. Parámetros de diseño

Para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable se tomarán en cuenta los parámetros establecidos a continuación.

2.4.1. Dotación

Considerando la proyección de población futura y el caudal producido por la fuente de abastecimiento, así como las condiciones generales de los caseríos a abastecer se tomará en cuenta de acuerdo con las recomendaciones de INFOM ¹⁵ una dotación de:

$$\text{Dotación} = 100 \text{ L/hab/día}$$

2.4.2. Período de diseño

Para el diseño de la obra civil y tuberías comprendidos en el sistema de abastecimiento se tomará en cuenta un período de diseño de 20 años. Además, se considerará un tiempo de gestión de 2 años para la realización de procesos administrativos, tomando en cuenta esta consideración se tomará para los cálculos un tiempo de 22 años.

2.4.3. Estimación de población futura

Se utilizó el método geométrico para el cálculo de la proyección de la población futura, para lo cual se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

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

Donde:

P_f = población proyectada

P_o = población inicial

¹⁵ Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 26 y 27.

n = número de años

r = tasa de variación poblacional

La tasa de crecimiento promedio para el municipio según información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación es de 2,7 %, por lo tanto, la población proyectada al final del período de diseño será de:

$$P_f = 6055(1 + 0,027)^{22} = 10\ 885 \text{ habitantes}$$

2.4.4. Factores de consumo

Para tomar en cuenta las variaciones de demanda a lo largo del día se consideraron los siguientes factores, adicionalmente se realizó un análisis de período extendido, estimando las variaciones de consumo.

2.4.4.1. Factor día máximo

El factor día máximo debe estar entre 1,2 y 1,5 para poblaciones menores de 1 000 habitantes y de 1,2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes. Se utilizará un valor de:

$$F_{MD} = 1,2$$

2.4.4.2. Factor horario máximo

El factor horario máximo se obtendrá de un valor entre 2,0 y 3,0 para poblaciones menores de 1 000 habitantes y de 2,0 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes. Por lo tanto, se utilizará un valor de:

$$F_{MH} = 2,0$$

Debido a que el sistema que se está diseñando se encuentra ubicado en un entorno urbano, y a que las recomendaciones brindadas por INFOM y UNEPAR están adaptadas al desarrollo de acueductos rurales.

Tabla V. **Patrón de consumo horario**

01:00 - 02:00	0,54
02:00 - 03:00	0,54
03:00 - 04:00	0,54
04:00 - 05:00	0,54
05:00 - 06:00	0,72
06:00 - 07:00	1,08
07:00 - 08:00	1,62
08:00 - 09:00	1,8
09:00 - 10:00	1,8
10:00 - 11:00	1,8
11:00 - 12:00	1,68
12:00 - 13:00	1,44
13:00 - 14:00	1,68
14:00 - 15:00	1,68
15:00 - 16:00	1,56
16:00 - 17:00	1,56
17:00 - 18:00	1,44
18:00 - 19:00	1,2
19:00 - 20:00	1,2
20:00 - 21:00	1,08
21:00 - 22:00	1,08
22:00 - 23:00	0,96
23:00 - 00:00	0,72
00:00 - 01:00	0,54

Fuente: elaboración propia.

Se planteará analizar las variaciones de demanda a lo largo del día para la población, proponiendo un patrón de consumo horario (ver tabla V), de tal forma que se pueda realizar un diseño optimizado de la red de distribución y realizar simulaciones de período extendido. De acuerdo con las características de la población del proyecto se propone el siguiente patrón de consumo.

2.4.5. Velocidades admisibles

Las velocidades deberán estar comprendidas entre 0,6 y 3,0 m/s, ¹⁶ por lo que se adoptará dicho rango como límite de diseño esos valores, sin embargo, para circunstancias especiales se analizará de acuerdo con información proporcionada por fabricantes.

2.4.6. Presiones admisibles

Para la presión estática se considerará un valor máximo del 80 % de la presión de trabajo de la tubería para la línea de conducción y de 60 m.c.a. para la red de distribución. Para las presiones de trabajo típicas disponibles en tubería de PVC se tendrán los límites detallados en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Presiones admisibles para diferentes clases de tubería de PVC**

Presión de trabajo		Presión admisible (80 %)	
125 psi	87,90 m.c.a.	100 psi	70 m.c.a.
160 psi	112,52 m.c.a.	128 psi	90 m.c.a.
250 psi	175,81 m.c.a.	200 psi	140 m.c.a.

Fuente: elaboración propia.

¹⁶ Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 47.

Para la red de distribución se considerará el siguiente rango de presión de servicio.

$$P_{min} = 10 \text{ m. c. a}$$

$$P_{max} = 60 \text{ m. c. a}$$

2.5. Determinación de caudales

Antes de efectuar el cálculo hidráulico de cada uno de los tramos que conforman el sistema, es necesario estimar los caudales que serán conducidos haciendo uso de los factores que atienden a las variaciones previstas en el consumo durante el día en relación con el consumo medio, los valores de dichos factores fueron establecidos en secciones anteriores. A continuación, se detalla el procedimiento para estimación de los caudales de diseño.

2.5.1. Caudal medio diario

El cálculo del caudal medio se hará en función de la dotación establecida, y de la población.

$$Q_m = \frac{P_f * D}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario (L/s)

P_f = población futura

D = dotación (L/hab/día)

Para el nodo 5 se tiene lo siguiente:

$$Q_m = \frac{17 * 100 \text{ L/s}}{86\ 400} = 0,16 \text{ L/s}$$

2.5.2. Caudal máximo diario

Para el diseño de la línea de conducción se empleará el caudal máximo diario, que se considera como el caudal máximo alcanzado debido a la fluctuación en la demanda del sistema.

$$Q_{DM} = F_{DM} * Q_M$$

Donde:

Q_{DM} = caudal máximo diario (L/s)

Q_m = caudal medio diario (L/s)

F_{MD} = factor máximo diario

Para la línea de conducción se tiene lo siguiente:

$$Q_{MD} = 1,2 * \frac{10\ 885 * 100\ L/hab/día}{86\ 400} = 15,12\ L/s$$

2.5.3. Caudal máximo horario

Para el diseño de los distintos tramos de la red de distribución se empleará el caudal máximo horario, que se considera como el caudal máximo alcanzado a lo largo del día debido a la fluctuación en la demanda del sistema de forma horaria.

$$Q_{HM} = F_{HM} * Q_M$$

Donde:

Q_{HM} = caudal máximo diario (L/s)

Q_m = caudal medio diario (L/s)

F_{HM} = factor máximo horario

Para el tramo del nodo 5 se tiene lo siguiente:

$$Q_{MH} = 2,0 * 0,16 \text{ L/s} = 0,32 \text{ L/s}$$

Para el cálculo de caudales de diseño en los ramales abiertos considerando el efecto probabilístico de un uso simultáneo, lo cual generaría más demanda sobre el ramal bajo análisis, se hará uso de la siguiente ecuación:

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

Donde:

q = caudal de uso simultáneo

n = número de viviendas

k = constante de uso simultáneo

El valor de k estará comprendido entre 0,15 y 0,2, por lo que se trabajará con 0,2 por considerarse más crítico. Por lo tanto, para el nodo 5 se tiene el siguiente valor de caudal:

$$Q_s = 0,2 * \sqrt{17} = 0,8 \text{ L/s}$$

De los caudales calculados anteriormente se tomará el mayor de ambos, por lo tanto, el caudal hora máximo estará dado por:

$$Q_{MH} = 0,8 \text{ L/s}$$

2.6. Diseño de los componentes del sistema

Una vez establecidos los parámetros de diseño para el proyecto y conociendo las condiciones de sitio, se procede con el diseño de los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema, tomando en

cuenta los parámetros y procedimientos específicos, que serán detallados a continuación.

2.6.1. Captación

La fuente de abastecimiento para el proyecto consiste en un pozo mecánico, el cual cuenta con una bomba sumergible, las características de la fuente se encuentran detalladas en la tabla presentada a continuación.

Tabla VII. **Características generales de la fuente de abastecimiento**

Profundidad perforación	320 '	97,56 m
Profundidad de instalación del equipo de bombeo actual	208 '	63,41 m
Profundidad del nivel dinámico	108 '	32,93 m
Diámetro encamisado	10 "	
Diámetro de la tubería de conducción actual	4"	
Caudal producido	300 gpm	18,93 L/s

Fuente: Dirección de Servicios Públicos de la Municipalidad de San Miguel Petapa y verificación de campo.

2.6.2. Línea de conducción

Debido a que la elevación de la fuente de abastecimiento es menor respecto del área por suministrar, es necesario añadir energía para permitir el flujo hacia el tanque de distribución. Partiendo de esa condición el funcionamiento de la línea de conducción se efectúa por bombeo. Al existir actualmente una línea de conducción en operación se realizará el cálculo

hidráulico para verificar si es capaz de operar bajo los parámetros establecidos para el presente proyecto.

2.6.2.1. Caudal de diseño

Al caudal máximo diario obtenido anteriormente para la línea de conducción se adicionará el caudal requerido para abastecer la escuela, asumiendo un consumo de 40 L/estudiante/día. El caudal para la escuela será el siguiente:

$$Q_{Escuela} = 1,2 * \frac{250 * 40 \text{ L/s}}{86\ 400} = 0,13 \text{ L/s}$$

Finalmente, el caudal por utilizar para el cálculo de la línea de conducción será el siguiente:

$$Q_{DM} = 15,27 \text{ L/s}$$

2.6.2.2. Caudal de bombeo y horas de bombeo

Para garantizar una mayor vida útil en el equipo de bombeo no es recomendable que la bomba trabaje durante todo el día, el tiempo de bombeo máximo recomendable debe estar entre un máximo de 12 a 18 horas al día de bombeo.¹⁷ Al reducirse el tiempo de trabajo del equipo de bombeo se requiere aumentar el caudal que se bombea hacia el tanque de almacenamiento, por lo que el caudal de bombeo se calculará a través de la ecuación mostrada a continuación.

¹⁷ Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 30.

$$Q_b = \frac{Q_{DM} * 24}{t_b}$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo

Q_{DM} = caudal día máximo

t_b = tiempo de bombeo

Realizando una estimación inicial con base al caudal máximo diario, al tener un tiempo de bombeo de 20 horas el caudal de bombeo resultante es el siguiente:

$$Q_b = \frac{15,27 \text{ L/s} * 24}{20 \text{ horas}} = 18,33 \text{ L/s}$$

2.6.2.3. Dimensionamiento de tubería de conducción

Para garantizar una correcta circulación del agua y disminuir el efecto de la sobrepresión por golpe de ariete se manejará un rango de velocidades entre 0,6 m/s y 2,0 m/s, calculando los diámetros teóricos correspondientes a la velocidad mínima y máxima fijada se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{Q_b}{(\pi/4)V}}$$

Donde:

D = diámetro

Q = caudal de bombeo

V = velocidad

Para la velocidad máxima y mínima se tiene:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{18,33 \frac{L}{s} * \frac{1m^3}{1\ 000\ L}}{\left(\frac{\pi}{4}\right) * (0,6\ m/s)} * \frac{1''}{0,0254\ m}} \approx 7''$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{18,33\ L/s * (1m^3)/(1\ 000\ L)}{\left(\frac{\pi}{4}\right) * (2\ m/s)} * \frac{1''}{0,0254\ m}} \approx 4''$$

Por lo que se trabajará con diámetros comprendidos en este rango para asegurar un correcto funcionamiento hidráulico de la línea y mantener un rango económico. Para calcular el diámetro económico se usará la ecuación de Bresse:

$$D_s = 1,3 \left(\frac{t_b}{24}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{Q_b}$$

De lo que se obtiene para un tiempo de bombeo de 20 horas:

$$D_s = 1,3 \left(\frac{20}{24}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{18,33/1\ 000} \approx 6''$$

Del cálculo anterior se obtiene que el diámetro económico es de 6", actualmente la línea de impulsión instalada es de 4", por lo que se evaluará más adelante el costo de bombeo asociado.

2.6.2.4. Pérdidas de energía

Para el cálculo de las pérdidas de energía en la línea de conducción se tiene la siguiente información:

Cota nivel mínimo= 361,20

Cota boca de pozo= 394,13

Cota punto de descarga= 502,50

Profundidad de instalación (S)= 63,41 m

Para calcular las pérdidas totales que la bomba debe vencer, primero se calculará las pérdidas desde la succión de la bomba hasta el nivel de terreno en donde está ubicado el pozo, para lo cual se calcula la altura desde el nivel dinámico hasta el nivel de la boca del pozo, la cual está definida de la siguiente manera:

$$h_s = C_B - C_{NM}$$

Donde:

h_s = altura de la cota del nivel dinámico hacia el nivel de la boca del pozo

C_B = cota de la boca del pozo

C_{NM} = cota nivel dinámico

Sustituyendo valores en la ecuación se obtiene:

$$h_s = 394,13 - 361,20 = 32,93$$

Posteriormente se calculará la pérdida de carga en el tubo de columna, utilizando la fórmula de Hazen Williams:

$$h_{fc} = 10,67 \frac{SQ_b^{1,85}}{C^{1,85}D^{4,87}}$$

Donde:

h_{fc} = pérdida por fricción en el tubo de columna

S = profundidad de instalación de equipo

Q_b = caudal de bombeo

C = coeficiente de Hazen Williams

D = diámetro de la tubería en m

Sustituyendo valores en la ecuación se tiene:

$$h_{fc} = 10,67 \frac{63,41 * \left(18,33 \text{ L/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right)^{1,85}}{130^{1,85} * 0,1008^{4,87}} = 3,62 \text{ m}$$

Luego se determina la carga por velocidad, que será la energía que debe añadir la bomba para mantener una velocidad de flujo de acuerdo con lo requerido:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{Q_b / \left(\frac{\pi D}{4}\right)^2}{2 * 9,8}$$

Donde:

h_v = carga de velocidad

g = constante de gravedad

Q_b = caudal de bombeo

D = diámetro de la tubería en m

$$h_v = \frac{18,33 \text{ L/s} * \frac{1\text{m}^3}{1\,000 \text{ L}} / \left(\frac{\pi * 0,1008 \text{ m}}{4}\right)^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,27 \text{ m}$$

A continuación, se calcularán las pérdidas de energía desde el nivel de terreno donde está ubicado el pozo, hasta el punto de descarga, para lo cual se calcula inicialmente la diferencia de elevación entre la boca del pozo y el punto de descarga de la línea de impulsión, a través de la siguiente ecuación:

$$H = C_D - C_B$$

Donde:

H = altura desde la boca del pozo hasta el punto de descarga

C_D = cota del punto de descarga de la línea de impulsión

C_B = cota de la boca del pozo

A partir de los datos descritos se obtiene el siguiente valor:

$$H = 502,50 - 394,13 = 108,37$$

Adicionalmente la bomba deberá superar las pérdidas por fricción en la tubería de impulsión, por lo tanto, se calculará dicha pérdida a través de la ecuación de Hazen-Williams.

$$h_f = 10,67 \frac{1,05LQ^{1,85}}{C^{1,85}D^{4,87}}$$

Donde:

h_f = pérdida por fricción en la línea de impulsión

L = longitud de la línea de impulsión

Q_B = caudal de bombeo

D = diámetro de la tubería en m

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$h_f = 10,67 \frac{1,05 * 268,72 * (18,33 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000 L})^{1,85}}{150^{1,85} * 0,1008^{4,87}} = 12,36 m$$

Para el cálculo de las pérdidas menores debidas a la instalación de accesorios (válvulas, codos) se considerará el 10 % de las pérdidas por fricción en la línea de impulsión

$$h_L = 0,1 * h_f$$

Donde:

h_L = pérdidas menores

h_f = pérdida por fricción en la línea de impulsión

A partir de la pérdida por fricción calculada las pérdidas menores serán:

$$h_L = 0,1 * 12,36 m = 1,24 m$$

Finalmente, se integrarán todas las pérdidas calculadas, obteniendo la altura dinámica total de bombeo.

$$h_b = h_s + H + h_f + h_{fc} + h_L + h_v$$

Donde:

h_s = altura de la cota del nivel dinámico hacia el nivel de la boca del pozo

H = altura desde la boca del pozo hasta el punto de descarga

h_f = pérdida por fricción en la línea de impulsión

h_{fc} = pérdida por fricción en el tubo de columna

h_L = pérdidas menores

h_v = carga de velocidad

De los valores calculados previamente para las pérdidas se obtiene:

$$h_b = 32,93 + 108,37 + 12,36 + 3,62 + 1,24 + 0,27 = 158,78 \text{ m. c. a.}$$

2.6.2.5. Potencia de bombeo

Una vez determinada la altura dinámica de bombeo de la línea de impulsión se calculará la potencia requerida para la selección de la bomba, a través de la siguiente ecuación.

$$P_N = \frac{Q_b h_b \gamma_w}{1000 \eta}$$

Donde:

P_N = potencia nominal de la bomba en Kw

Q_b = potencia nominal de la bomba en Kw

h_b = altura dinámica total de bombeo

γ_w = peso específico del agua (9 800 N/m³)

η = eficiencia de la bomba

De acuerdo con el valor del caudal y la altura dinámica total de bombeo

$$P_N = \frac{18,33 * 158,78 * 9\,800}{1\,000 * 0,8} = 47,79 \text{ hp}$$

Según el resultado se propone una bomba de 50 hp con una capacidad de 300 gpm.

2.6.2.6. Revisión por golpe de ariete

Para verificar el efecto del golpe de ariete sobre la línea de impulsión, de tal manera que opere con seguridad, ante este fenómeno se calculará el incremento de presión producido. Inicialmente se calculará la celeridad con la que se propaga la onda de sobrepresión, utilizando la siguiente ecuación.

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

Donde:

B = módulo de elasticidad volumétrica del agua ($2,07 \times 10^4$ kg/cm²)

E = módulo de elasticidad de la tubería (3×10^4 kg/cm²)

D_i = diámetro interior del tubo

e = espesor de la pared del tubo

Calculando la celeridad de la onda se obtiene:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2}{3,0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2} * \frac{100,8}{67,43}}} = 421,70$$

Por lo tanto, la sobrepresión generada por golpe de ariete está dada por:

$$P = \frac{av}{g}$$

Donde:

P = sobrepresión por golpe de ariete en m.c.a.

a = celeridad de la onda de sobrepresión

v = aceleración de gravedad

A partir de la celeridad se obtiene el valor de la sobrepresión:

$$P = \frac{421,7 * 2,3 \text{ m/s}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 98,65 \text{ m. c. a.}$$

Finalmente, se comprobará la presión total sobre la tubería, sumando la altura dinámica de bombeo y la altura dinámica de bombeo.

$$P_{total} = P_a + h_b$$

Donde:

P_a = presión por golpe de ariete

P_{total} = presión total

h_b = altura dinámica total de bombeo

Se calcula la presión total a continuación:

$$P_{total} = 98,65 + 158,78 = 257,44 \text{ m. c. a.}$$

2.6.2.7. Propuesta de equipo de bombeo

A partir de la potencia de bombeo requerida para la impulsión y de la altura dinámica de bombeo se revisará si, de acuerdo con el comportamiento hidráulico, la bomba es capaz de proporcionar el cabezal de bombeo necesario al caudal de bombeo estimado.

Debido a las características del pozo se hará uso de una bomba sumergible. A continuación, se calculará la curva hidráulica del proyecto, para compararla posteriormente con la de la bomba propuesta y verificar si se encuentra en el punto de operación óptimo.

La curva hidráulica del proyecto se calculará con la energía necesaria para igualar la energía en el punto de descarga para diferentes caudales de diseño. Puede establecerse a través de la siguiente ecuación:

$$H_D = H_B - kQ^n$$

Donde:

H_D = energía en el punto de descarga de la línea de impulsión

H_B = energía en el punto de conexión de la bomba

kQ^n = pérdidas de energía por fricción calculadas para el caudal de bombeo

Como se conoce la energía requerida en el punto de descarga se calculará la energía que se necesita adicionar a la línea de impulsión en el punto de colocación de la bomba.

$$H = CT_D - CT_B + kQ^n + h_L$$

Donde:

CT_D = cota del punto de descarga

CT_B = cota del punto de instalación de la bomba

kQ^n = pérdidas de energía por fricción calculadas para el caudal de bombeo

h_L = pérdidas menores en la línea de impulsión

Para un caudal de 6 L/s en la línea de impulsión el cabezal requerido será el siguiente:

$$H = 502,5 - 361,20 + 10,67 * \frac{268,7 \text{ m} * \left(0,006 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,85}}{150^{1,85} * (0,1008\text{m})^{4,87}} + 0,10 = 143,5 \text{ m}$$

Aplicando la misma ecuación para un rango de caudales ascendente de hasta 25 L/s se obtienen los siguientes resultados:

Tabla VIII. **Datos curva hidráulica del sistema**

Q (L/s)	H (m)
6,00	143,5
7,50	144,6
8,33	145,4
10,00	147,0
11,67	148,9
13,33	151,0
15,00	153,4
16,67	156,0
18,52	159,1
20,00	161,8
21,67	165,1
23,33	168,6
25,00	172,4
27,78	179,1

Fuente: elaboración propia.

Consultando información de curvas hidráulicas típicas para bombas sumergibles se propone una bomba de 50 HP, con 13 etapas a 300 gpm, para la cual se tiene la siguiente curva hidráulica de acuerdo con información del fabricante, tal como se muestra en la Tabla IX.

Tabla IX. **Datos de curva hidráulica para bomba propuesta**

Q (L/s)	H (m)
6,67	255
7,50	250
8,33	245
10,00	230
11,67	215
13,33	200
15,00	186
16,67	174
18,33	163
20,00	152
21,67	138
23,33	121
25,00	104

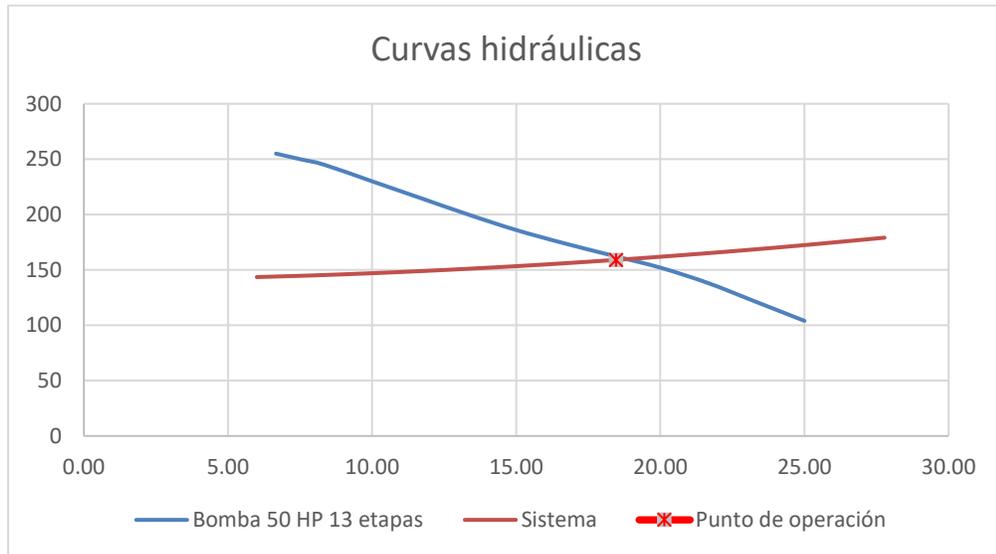
Fuente: ABS Bombas. *Manual bombas sumergibles de acero inoxidable.*

Graficando la información (ver figura 6) anterior se tiene que la intersección de la curva de demanda del sistema con la curva hidráulica para la altura de bombeo que puede proveer la bomba se encuentra en:

$$Q = 18,46 \text{ L/s}, H = 159,09 \text{ m}$$

Actualmente se tiene instalada una bomba sumergible de 50 hp de 13 etapas, con un motor de 50 hp, por lo cual se considera que la capacidad instalada del equipo actual es adecuada, debiéndose velar por la adecuada operación de este, a través de tareas de mantenimiento y atendiendo a las recomendaciones de operación del fabricante.

Figura 6. **Curvas hidráulicas de la bomba y del sistema**



Fuente: elaboración propia,

2.6.3. **Diseño de la red de distribución**

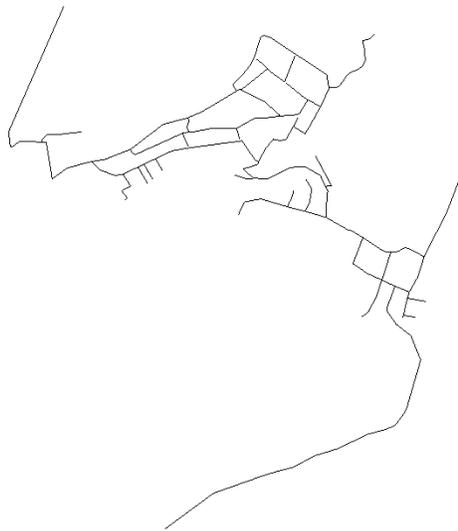
La red de distribución tiene la función de llevar el agua hacia los puntos de consumo dentro del sistema, es decir las viviendas de los usuarios. A continuación, se describe el procedimiento realizado para su diseño.

2.6.3.1. **Propuesta de red**

Para el diseño de la red de distribución debido a la distribución de las viviendas, se utilizará una red mixta, en la cual se tendrán circuitos cerrados y ramales abiertos, de tal forma que se garantice un correcto funcionamiento hidráulico y se minimice el impacto de la suspensión del servicio en caso de fallas.

El análisis de los circuitos cerrados se efectuará a través del método de Hardy Cross, mientras que para los ramales abiertos se comprobará la presión dinámica y la velocidad para cada tramo.

Figura 7. **Red de distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de caudales

Para realizar el análisis de la red de distribución se establecerán los caudales de demanda en los nodos, con base en la dotación y a la población dentro del área de influencia de cada nodo.

Calculando el caudal para el nodo 6, el cual tiene dentro de un área de influencia un total de 6 casas, con una densidad de 8 habitantes por vivienda se tiene lo siguiente:

$$\text{No. de viviendas} = 6$$

Población = 56 habitantes

Población futura = 101 habitantes

$$Q_{HM} = 2 * \frac{56 \text{ hab} * 100 \text{ L/hab/día}}{86\,400} = 0,06 \text{ L/s}$$

2.6.3.2. Ramales abiertos

El diseño de los ramales abiertos comprenderá la definición de los diámetros para cumplir con los parámetros de velocidad y presión en cada uno de los nodos.

- Predimensionamiento de tubería

Una vez establecidos los caudales en los puntos de consumo se propusieron caudales para iniciar con el cálculo, de forma que se pueda calcular el diámetro teórico para cada uno de los tramos e iniciar con el análisis.

Para el cálculo de dichos caudales se parte del concepto de que la suma de los caudales que entran y salen de un nodo es igual a cero, de esta forma conociendo los caudales de demanda para cada nodo se puede establecer el caudal acumulado para cada tramo. El cálculo se realizará para cada uno de los tramos como se detalla a continuación (ver figura 8).

Para el determinar el caudal acumulado del tramo que va desde el nodo 130 hacia el 132, inicialmente se determinará el caudal para los tramos de 132 a 133 y de 132 a 134. Ya que se conocen los caudales demandados tanto para el nodo 133 como para el 134 se tiene que:

$$Q_{N132 \text{ a } N133} = 0,49 \text{ L/s}$$

$$Q_{N132 \text{ a } N134} = 0,60 \text{ L/s}$$

Conociendo el caudal que sale del nodo 132, se procederá a calcular el caudal de entrada, el cual corresponde al caudal acumulado para el tramo de 130 a 132.

$$\sum Q_{N132} = Q_{N130 \text{ a } N132} - 0,49 \text{ L/s} - 0,60 \text{ L/s} = 0$$

$$Q_{N130 \text{ a } N132} = 0,49 \text{ L/s} + 0,60 \text{ L/s} = 1,09 \text{ L/s}$$

Figura 8. **Esquema de cálculo de caudales acumulados**



Fuente: elaboración propia, empleando WaterCAD.

Siguiendo el mismo procedimiento para cada uno de los tramos de tubería se obtuvieron los siguientes resultados, los caudales con signo negativo representan que el flujo se asumió en dirección contraria a la marcada por el recorrido de la tubería:

A partir de los caudales calculados con el procedimiento anterior se determinó el diámetro teórico requerido en función de las pérdidas y de la velocidad para cada uno de los tramos de tubería. Para calcular el diámetro requerido por el criterio de velocidad se procederá a través de la ecuación de continuidad, adoptando una velocidad de 1,7 m, debido a que es el promedio de la velocidad mínima y máxima permisibles.

$$D_v = \sqrt{\frac{4Q}{1,7\pi}}$$

Donde:

D_v = diámetro calculado por velocidad (m)

Q = caudal (m³/s)

Mientras que para adoptar un diámetro teórico cuya pérdida sea igual que la diferencia de elevación entre los nodos se despejará de la ecuación de Hazen Williams el diámetro.

$$D_{HW} = \left(10,67 * \frac{LQ^{1,85}}{C^{1,85}\Delta h} \right)^{1/4,87}$$

Donde:

D_{HW} = diámetro

L = longitud del tramo

Q = caudal del tramo

C = coeficiente de Hazen-Williams

Δh = diferencia de elevación entre el nodo inicial y final del tramo

Para el tramo del nodo 130 al nodo 132 se tiene lo siguiente:

$$D_v = \sqrt{\frac{4 \left(1,09 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000 L} \right)}{1,7\pi}} * \frac{1000 mm}{1 m} = 28,57 mm$$

$$D_{HW} = \left(10,67 * \frac{31,486 * 1,09^{1,85}}{150^{1,85} * 0,681} \right)^{1/4,87} = 39,90 mm$$

A partir de estos diámetros teóricos se propondrá un diámetro de 1 1/4", que para tubería de PVC de 160 psi el diámetro interno corresponde a 38,92 mm.

- Dimensionamiento de tubería

Se analizó la red de distribución con los diámetros inicialmente propuestos, obteniendo las presiones y las velocidades para cada uno de los tramos de tubería, el dimensionamiento final de las tuberías se realizó variando los diámetros para cumplir con los límites de velocidad y presión, a través de un proceso iterativo.

- Cálculo de presiones y cotas piezométricas

Una vez definido el diámetro para el tramo, se procede a calcular la pérdida de energía a través de la ecuación de Hazen-Williams, para el tramo del nodo 130 al nodo 132 se tiene lo siguiente:

$$h_f = 10,67 \frac{(31,486)1,09^{1,85}}{150^{1,85}38,92^{4,87}} = 0,77 m$$

La cota piezométrica para el nodo se calcula restando a la cota piezométrica del nodo de inicio la pérdida de energía calculada para el tramo, por lo tanto, para el tramo entre el nodo 130 y 132 se tiene:

$$CP_{132} = CP_{130} - h_f = 435,50 - 0,77 = 434,73 \text{ m}$$

A partir de la cota piezométrica se puede calcular la presión dinámica en el nodo, restando al valor de la cota del nodo.

$$P_{132} = 434,73 - 384,09 = 50,63 \text{ m. c. a.}$$

- Cálculo de velocidad

La velocidad se calculará a través de la ecuación de continuidad, dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

Donde:

V = velocidad del flujo en m/s

Q = caudal del tramo en m³/s

D = diámetro de tubería en m

$$V = \frac{1,09 \text{ L/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}}{\frac{\pi}{4} * \left(38,92 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^2} = 0,92 \text{ m/s}$$

2.6.3.3. Circuitos cerrados

Para el cálculo de los caudales que circulan a través de los circuitos cerrados se utilizó el método de Hardy-Cross, dicho método se basa en las siguientes consideraciones:

- Los caudales que fluyen en sentido de las agujas del reloj se consideran positivos, mientras que los caudales que fluyen en sentido contrario toman signo negativo.
- En cada nodo la sumatoria de los caudales que entra es igual a la sumatoria de los caudales de salida.
- El caudal se aproxima a través de sucesivas iteraciones, en cada una de las iteraciones se suma al caudal asumido inicialmente para cada tramo del circuito una corrección que está dada por la siguiente expresión:

$$\Delta Q = - \frac{\Sigma h_f}{1,85 * \Sigma \frac{h_f}{Q}}$$

Donde:

ΔQ = corrección de caudal

Σh_f = sumatoria de pérdidas por fricción en el circuito

Q = caudal del tramo

- A los tramos que forman parte de dos circuitos, se les aplica el factor de corrección correspondiente al otro circuito, con signo negativo. Si el tramo forma parte de un circuito A y un circuito B, al calcular el caudal corregido en el circuito A se aplicará lo siguiente:

$$Q_n = Q_{n-1} + \Delta Q_A - \Delta Q_B$$

Donde:

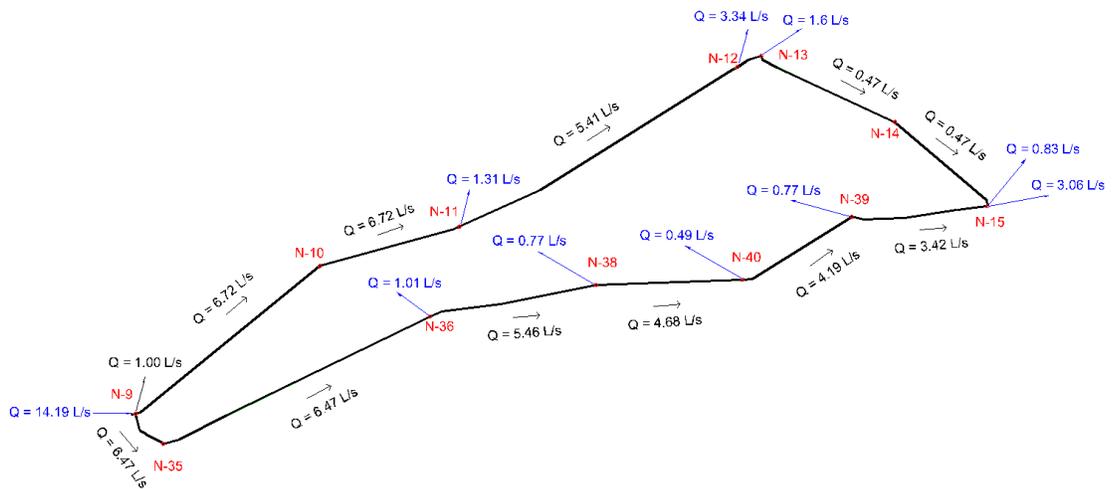
Q_n = caudal corregido

Q_{n-1} = caudal iteración anterior

ΔQ_A = corrección para el circuito A

ΔQ_B = corrección para el circuito B

Figura 9. Esquema del circuito 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para el circuito 1, se tienen los datos mostrados en la tabla X para iniciar las iteraciones. Los caudales se obtuvieron según lo expuesto en 2.5.3, tomando en cuenta los consumos asignados en cada uno de los nodos.

A partir de la información anterior se procederá a calcular los caudales corregidos para la primera iteración, para ello se inicia calculando la diferencia de elevación entre los nodos, a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta h = |CF - CI|$$

Donde:

Δh = diferencia de altura

CF = cota del nodo final del tramo

CI = cota del nodo inicial del tramo

Tabla X. **Datos iniciales para la aplicación del método de Hardy-Cross en el circuito 1**

Tramo			Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Q (L/s)
No.	De	A				
T-11	9	10	463,323	454,584	72,995	6,72
T-12	10	11	454,584	448,417	44,85	6,72
T-13	11	12	448,417	442,228	99,223	5,41
T-14	12	13	442,228	442,5	8,336	2,07
T-15	13	14	442,5	435,951	46,486	0,47
T-16	14	15	435,951	427,965	39,134	0,47
T-17	15	39	427,965	429,225	42,321	-3,42
T-18	39	40	429,225	432,113	38,911	-4,19
T-19	40	38	432,113	438,983	45,403	-4,68
T-26	38	36	438,983	447,472	52,329	-5,46
T-27	36	35	447,472	461,394	91,402	-6,47
T-28	35	9	461,394	463,323	13,575	-6,47

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para el tramo T-11 (Del nodo 9 al nodo 10) se tiene:

$$\Delta h = |454,584 - 463,323| = 8,739 \text{ m}$$

Una vez calculada la diferencia de altura se procede a calcular el diámetro teórico que servirá como parámetro para proponer un diámetro de tubería

posteriormente. Tomando como criterio la velocidad del flujo se emplea la siguiente expresión:

$$D_v = \sqrt{\frac{4Q}{1,7\pi}}$$

Donde:

D_v = diámetro teórico basado en criterio de velocidad

Q = caudal

Mientras que para adoptar un diámetro teórico cuya pérdida sea igual que la diferencia de elevación entre los nodos se despejará de la ecuación de Hazen Williams el diámetro.

$$D_{HW} = \left(10,67 * \frac{LQ^{1,85}}{C^{1,85}\Delta h} \right)^{1/4,87}$$

Donde:

D_{HW} = diámetro teórico basado en criterio de pérdidas

L = longitud del tramo

Q = caudal del tramo

C = coeficiente de Hazen-Williams

Δh = diferencia de elevación entre el nodo inicial y final del tramo

Para el tramo T-11 (del nodo 9 al nodo 10) se tiene lo siguiente:

$$D_v = \sqrt{\frac{4 \left(6,72 \text{ L/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right)}{1,7\pi}} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 71 \text{ mm}$$

$$D_{HW} = \left(10,67 * \frac{72,995 * 6,72^{1.85}}{150^{1.85} * 8,739} \right)^{1/4,87} = 56 \text{ mm}$$

A partir de lo anterior se propondrá un diámetro de 82,04 mm, correspondiente a un diámetro nominal de 3". Se sigue el mismo procedimiento para los demás tramos, dando como resultado lo expresado en la tabla que se encuentra a continuación.

Tabla XI. **Parámetros para cálculo de corrección en el circuito 1**

Tramo			Longitud (m)	Q (L/s)	Δh (m)	Diámetro teórico		Diámetro propuesto
No.	De	A				V	Pérdidas	
T-11	9	10	72,995	8,22	8,739	78	60	82,04
T-12	10	11	44,85	8,22	6,167	78	59	82,04
T-13	11	12	99,223	6,91	6,189	72	65	67,45
T-14	12	13	8,336	2,42	0,272	43	50	55,71
T-15	13	14	46,486	0,82	6,549	25	24	55,71
T-16	14	15	39,134	0,82	7,986	25	23	55,71
T-17	15	39	42,321	-4,75	1,26	60	65	55,71
T-18	39	40	38,911	-5,51	2,888	64	57	55,71
T-19	40	38	45,403	-6	6,87	67	51	55,71
T-26	38	36	52,329	-6,78	8,489	71	53	55,71
T-27	36	35	91,402	-7,79	13,922	76	56	82,04
T-28	35	9	13,575	-7,79	1,929	76	57	82,04

Fuente: elaboración propia.

Una vez definidos los diámetros de cada tramo del circuito se procede a calcular las pérdidas por fricción en la tubería, para la obtención de la corrección de caudal. A través de la ecuación de Hazen-Williams se obtiene para el tramo T-11 (del nodo 9 al nodo 10):

$$h_f = 10,67 \frac{(72,995)6,72^{1,85}}{150^{1,85}82,04^{4,87}} = 1,722 \text{ m}$$

Una vez calculada la pérdida de energía para el tramo se calculará la relación h_f/Q .

$$\frac{h_f}{Q} = \frac{1,722}{6,72} = 0,2260$$

Aplicando el mismo procedimiento para el resto de los tramos del circuito se obtiene lo siguiente:

Tabla XII. **Pérdidas de energía y relación h_f/Q circuito 1**

Tramo			Q (L/s)	h_f (m.c.a.)	h_f/Q
No.	De	A			
T-11	9	10	6,72	1,3646	0,2031
T-12	10	11	6,72	0,8385	0,1248
T-13	11	12	5,41	3,2232	0,5958
T-14	12	13	2,07	0,1162	0,0561
T-15	13	14	0,47	0,1238	0,2634
T-16	14	15	0,47	0,1042	0,2218
T-17	15	39	-3,42	-1,4935	0,4367
T-18	39	40	-4,19	-1,9993	0,4772
T-19	40	38	-4,68	-2,8625	0,6116
T-26	38	36	-5,46	-4,3878	0,8036
T-27	36	35	-6,47	-1,5930	0,2462
T-28	35	9	-6,47	-0,2366	0,0366
Σ				-6,8022	4,0768

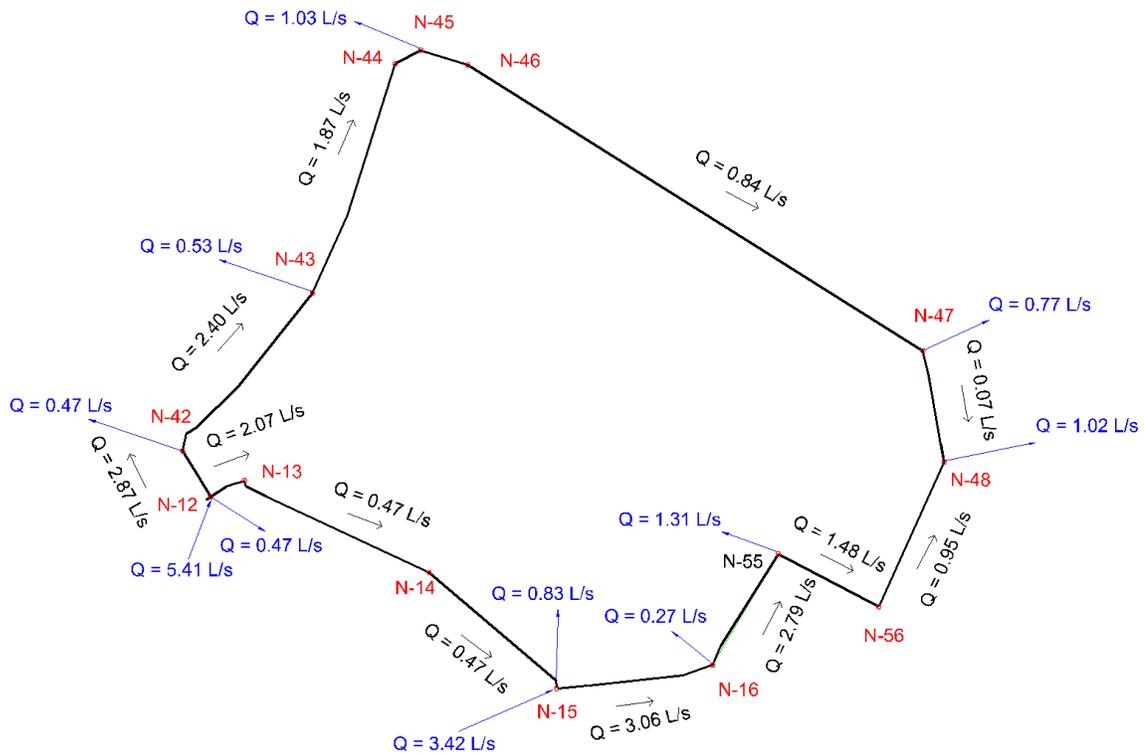
Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Excel.

A partir de los totales obtenidos de la tabla anterior se calcula la corrección para la iteración 1 del circuito 1.

$$\Delta Q = -\frac{-6,8022}{4,0768} = 0,9019$$

Debido a que el circuito 1 posee tramos compartidos con el circuito 2 se procede a calcular la primera iteración de corrección de caudal para el circuito 2 (ver figura 10).

Figura 10. Esquema del circuito 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los parámetros para aplicación del procedimiento anteriormente descrito para la corrección de caudal correspondiente al circuito 2, se encuentran en la tabla XIII, mostrada a continuación.

Tabla XIII. **Parámetros para cálculo de corrección en el circuito 2**

Tramo			Longitud (m)	Q (L/s)	Δh (m)	Diámetro teórico		Diámetro propuesto
No.	De	A				V	Pérdidas	
T-29	12	42	2,87	1,089	46	43	55,71	2,87
T-30	42	43	2,4	2,753	42	44	55,71	2,40
T-31	43	44	1,87	11,42	37	31	44,56	1,87
T-32	44	45	1,87	0,537	37	37	38,92	1,87
T-33	45	46	0,84	0,424	25	32	38,92	0,84
T-34	46	47	0,84	6,089	25	30	38,92	0,84
T-35	47	48	0,07	2,36	7	10	30,36	0,07
T-36	48	56	-0,95	4,599	27	26	30,36	-0,95
T-37	56	55	-1,48	5,482	33	28	30,36	-1,48
T-38	55	16	-2,79	0,564	46	58	30,36	-2,79
T-39	16	15	-3,06	0,892	48	57	44,56	-3,06
T-16	14	15	-0,47	7,986	19	18	44,56	-0,47
T-15	13	14	-0,47	6,549	19	20	44,56	-0,47
T-14	12	13	-2,07	0,272	39	47	55,71	-2,07

Fuente: elaboración propia.

La corrección de caudal para el circuito 2 obtenida según los totales de la tabla XIV es la siguiente:

$$\Delta Q = -\frac{-17,2909}{15,4280} = 0,6058$$

Una vez se ha calculado la corrección para ambos circuitos se puede realizar la compensación de caudales para cada uno de los tramos. Para el tramo T-14 (del nodo 12 al nodo 13) se calcula el caudal corregido de la siguiente manera:

$$Q_1 = Q + \Delta Q_{\text{circuito 1}} - \Delta Q_{\text{circuito 2}} = 2,0700 + 0,9019 - 0,6058 = 2,37 \frac{L}{s}$$

Tabla XIV. Pérdidas de energía y relación h_f/Q circuito 1

Tramo			Q (L/s)	h_f (m.c.a.)	h_f/Q
No.	De	A			
T-29	12	42	2,87	0,3061	0,1067
T-30	42	43	2,4	0,8496	0,3540
T-31	43	44	1,87	1,8688	0,9993
T-32	44	45	1,87	0,4332	0,2316
T-33	45	46	0,84	0,1666	0,1984
T-34	46	47	0,84	1,8114	2,1564
T-35	47	48	0,07	0,0129	0,1840
T-36	48	56	-0,95	-2,2524	2,3710
T-37	56	55	-1,48	-3,6599	2,4729
T-38	55	16	-2,79	-13,4670	4,8269
T-39	16	15	-3,06	-3,0158	0,9855
T-16	14	15	-0,47	-0,1042	0,2218
T-15	13	14	-0,47	-0,1238	0,2634
T-14	12	13	-2,07	-0,1162	0,0561
Σ				-17,2909	15,4280

Fuente: elaboración propia.

Para el circuito 2 se calcula de la misma manera el caudal corregido, en el tramo T-14 se tiene lo siguiente:

$$Q_1 = Q + \Delta Q_{\text{circuito 1}} - \Delta Q_{\text{circuito 2}} = -2,0700 - 0,9019 - 0,6058 = -2,37 \text{ L/s}$$

Lo cual corresponde al mismo caudal calculado para dicho tramo tanto en el circuito 1 como en el circuito 2, únicamente variando su signo, debido a la convención de signos adoptada para identificar la dirección del flujo. Para los tramos que pertenecen a un único circuito el caudal corregido se calcula sumando la corrección correspondiente al caudal anteriormente definido, para el tramo T-11 se calcula de la siguiente forma:

$$Q_1 = Q + \Delta Q_{\text{circuito } 1} = 6,7200 + 0,9029 = 7,62 \text{ L/s}$$

Al aplicar las correcciones a cada uno de los tramos se obtienen los caudales de la primera iteración, los cuales se presentan en la XV. Posteriormente, se aplica el mismo procedimiento para cada uno de los circuitos del sistema, iterando hasta lograr como mínimo una precisión del 1 % del caudal que ingresa a la red compuesta por los circuitos en análisis. Por lo tanto, para los circuitos 1 y 2 se considerará satisfactoria una precisión que cumpla con la siguiente condición:

$$\Delta Q < 0,01 * 17,01$$

$$\Delta Q < 0,1701$$

Tabla XV. Caudales primera iteración método de Hardy-Cross

Circuito	Tramo			Q	ΔQ	Corrección circuito compartido	Q ₁ (L/s)
	No.	De	A				
CIRCUITO 1	T-11	9	10	6,72	0,9019	0,0000	7,62
	T-12	10	11	6,72	0,9019	0,0000	7,62
	T-13	11	12	5,41	0,9019	0,0000	6,31
	T-14	12	13	2,07	0,9019	-0,6058	2,37
	T-15	13	14	0,47	0,9019	-0,6058	0,77
	T-16	14	15	0,47	0,9019	-0,6058	0,77
	T-17	15	39	-3,42	0,9019	0,0000	-2,52
	T-18	39	40	-4,19	0,9019	0,0000	-3,29
	T-19	40	38	-4,68	0,9019	0,0000	-3,78
	T-26	38	36	-5,46	0,9019	0,0000	-4,56
	T-27	36	35	-6,47	0,9019	0,0000	-5,57
	T-28	35	9	-6,47	0,9019	0,0000	-5,57
CIRCUITO 2	T-29	12	42	2,87	0,6058	0,0000	3,48
	T-30	42	43	2,4	0,6058	0,0000	3,01
	T-31	43	44	1,87	0,6058	0,0000	2,48
	T-32	44	45	1,87	0,6058	0,0000	2,48
	T-33	45	46	0,84	0,6058	0,0000	1,45
	T-34	46	47	0,84	0,6058	0,0000	1,45
	T-35	47	48	0,07	0,6058	0,0000	0,68
	T-36	48	56	-0,95	0,6058	0,0000	-0,34
	T-37	56	55	-1,48	0,6058	0,0000	-0,87
	T-38	55	16	-2,79	0,6058	0,0000	-2,18
	T-39	16	15	-3,06	0,6058	0,0000	-2,45
	T-16	14	15	-0,47	0,6058	-0,9019	-0,77
	T-15	13	14	-0,47	0,6058	-0,9019	-0,77
	T-14	12	13	-2,07	0,6058	-0,9019	-2,37

Fuente: elaboración propia.

2.6.4. Tanque de distribución

Actualmente se cuenta con un tanque de distribución de 300 m³, el cual se encuentra operando en buenas condiciones. Para verificar si la capacidad del tanque actualmente es suficiente para cubrir la demanda se realizó un análisis de curva de masa para el sistema, basado en el patrón de consumo horario estimado, determinando el volumen compensador necesario. Asimismo, se calculó el porcentaje que representa el tanque actual del volumen diario requerido.

Finalmente, se comprobó que el volumen compensador requerido no fuera mayor que el actualmente disponible, y que el porcentaje del volumen diario esté dentro de los valores recomendados, o sea, entre un 25 % y el 40 %.¹⁸ Para el análisis de curva de masa se procedió como se describe a continuación.

Para el cálculo del volumen compensador se tomó en cuenta el caudal de suministro, estableciéndose el obtenido a través de la definición del punto de operación de la bomba a través de las curvas hidráulicas. Posteriormente, se calcularon los caudales horarios totales del sistema de acuerdo con el patrón de consumo definido, a través de la siguiente ecuación:

$$Q_{Hi} = K_i * Q_{DM}$$

Donde:

Q_{Hi} = caudal horario para la hora i

K_i = factor de consumo horario para la hora i

Q_{DM} = caudal medio diario

¹⁸ Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. p. 30.

Para el período entre 4 a.m. y 5 a.m. se tiene lo siguiente:

$$Q_{Hi} = 0,54 * 12,73 = 6,87 \text{ L/s}$$

Para el resto de los tramos los resultados se encuentran en la Tabla XVI. Adicionalmente se procederá a calcular el caudal promedio suministrado a lo largo del día, empleando la ecuación presentada a continuación:

$$Q_s = \frac{t_b}{24} * Q_b$$

Donde:

Q_s = caudal promedio suministrado

t_b = tiempo de bombeo

Q_b = caudal de bombeo

Para el tiempo y caudal de bombeo establecido para el sistema anteriormente, se obtiene el siguiente resultado.

$$Q_{Suministrado} = \frac{18}{24} * 18,46 = 13,85 \text{ L/s}$$

Tabla XVI. **Caudales demandados por el sistema**

Hora	Q suministrado	Q demandado
01:00 - 02:00	13,85	6,87
02:00 - 03:00	13,85	6,87
03:00 - 04:00	13,85	6,87
04:00 - 05:00	13,85	6,87
05:00 - 06:00	13,85	9,16
06:00 - 07:00	13,85	13,74
07:00 - 08:00	13,85	20,61
08:00 - 09:00	13,85	22,90
09:00 - 10:00	13,85	22,90

Continuación de la tabla XVI.

10:00 - 11:00	13,85	22,90
11:00 - 12:00	13,85	21,37
12:00 - 13:00	13,85	18,32
13:00 - 14:00	13,85	21,37
14:00 - 15:00	13,85	21,37
15:00 - 16:00	13,85	19,84
16:00 - 17:00	13,85	19,84
17:00 - 18:00	13,85	18,32
18:00 - 19:00	13,85	15,27
19:00 - 20:00	13,85	15,27
20:00 - 21:00	13,85	13,74
21:00 - 22:00	13,85	13,74
22:00 - 23:00	13,85	12,21
23:00 - 00:00	13,85	9,16
00:00 - 01:00	13,85	6,87

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se calcularon los volúmenes, en función de los caudales, tanto para el flujo de suministro, como para el de demanda.

$$V_i = Q_i t_i$$

Donde:

V_i = volumen

Q_i = caudal horario para la hora i

t_i = intervalo de tiempo i

Para el período entre 4 a.m. y 5 a.m. se tiene lo siguiente:

$$V_i = 6,87 \text{ L/s} * 1\text{h} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 24,73 \text{ m}^3$$

Calculando de la misma forma para los siguientes horarios se obtienen los resultados expresados en la tabla XVII.

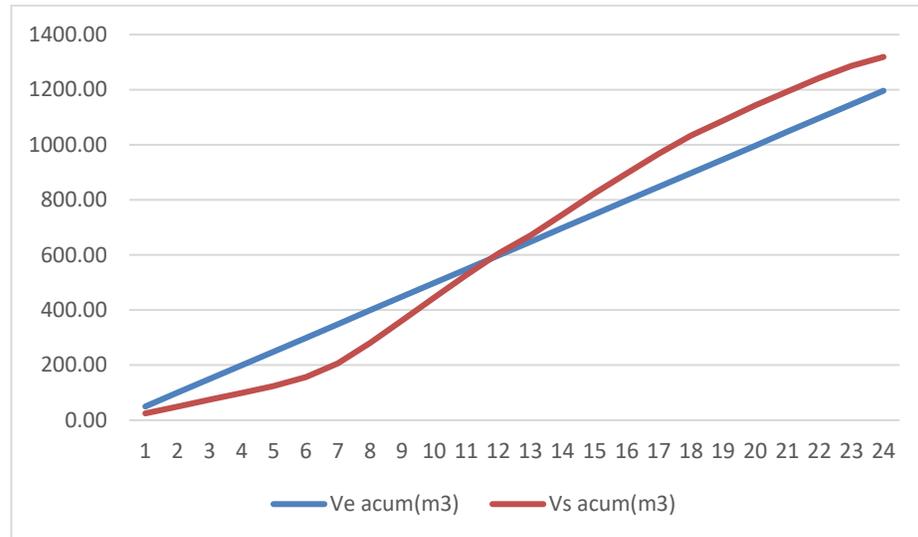
Tabla XVII. **Cálculo de volúmenes de suministro frente a demanda**

Hora	V_e (m³)	V_s (m³)
01:00 - 02:00	49,84	24,73
02:00 - 03:00	49,84	24,73
03:00 - 04:00	49,84	24,73
04:00 - 05:00	49,84	24,73
05:00 - 06:00	49,84	32,97
06:00 - 07:00	49,84	49,46
07:00 - 08:00	49,84	74,19
08:00 - 09:00	49,84	82,43
09:00 - 10:00	49,84	82,43
10:00 - 11:00	49,84	82,43
11:00 - 12:00	49,84	76,94
12:00 - 13:00	49,84	65,95
13:00 - 14:00	49,84	76,94
14:00 - 15:00	49,84	76,94
15:00 - 16:00	49,84	71,44
16:00 - 17:00	49,84	71,44
17:00 - 18:00	49,84	65,95
18:00 - 19:00	49,84	54,96
19:00 - 20:00	49,84	54,96
20:00 - 21:00	49,84	49,46
21:00 - 22:00	49,84	49,46
22:00 - 23:00	49,84	43,96
23:00 - 00:00	49,84	32,97
00:00 - 01:00	49,84	24,73

Fuente: elaboración propia.

Se acumularon los volúmenes calculados previamente para cada uno de los horarios, finalmente se obtuvieron las diferencias instantáneas de volumen para cada horario (ver tabla XVIII). Graficando los volúmenes acumulados se puede visualizar el comportamiento del volumen de agua para el flujo de entrada y el de salida del tanque.

Figura 11. **Curva de volúmenes acumulados para el sistema**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cálculo de volúmenes acumulados y diferencia de volumen instantánea**

Hora	V_e (m³)	$V_{e\text{ acum}}$ (m³)	V_s (m³)	$V_{s\text{ acum}}$ (m³)	$V_{e\text{ acum}} - V_{s\text{ acum}}$ (m³)
01:00 - 02:00	49,84	49,84	24,73	24,73	25,11
02:00 - 03:00	49,84	99,68	24,73	49,46	50,22
03:00 - 04:00	49,84	149,53	24,73	74,19	75,34
04:00 - 05:00	49,84	199,37	24,73	98,92	100,45
05:00 - 06:00	49,84	249,21	32,97	123,65	125,56
06:00 - 07:00	49,84	299,05	49,46	156,62	142,43
07:00 - 08:00	49,84	348,89	74,19	206,08	142,81
08:00 - 09:00	49,84	398,74	82,43	280,27	118,47
09:00 - 10:00	49,84	448,58	82,43	362,70	85,87
10:00 - 11:00	49,84	498,42	82,43	445,14	53,28
11:00 - 12:00	49,84	548,26	76,94	527,57	20,69

Continuación de la tabla XVIII.

12:00 - 13:00	49,84	598,10	65,95	604,51	-6,40
13:00 - 14:00	49,84	647,95	76,94	670,45	-22,51
14:00 - 15:00	49,84	697,79	76,94	747,39	-49,60
15:00 - 16:00	49,84	747,63	71,44	824,33	-76,70
16:00 - 17:00	49,84	797,47	71,44	895,77	-98,29
17:00 - 18:00	49,84	847,31	65,95	967,21	-119,89
18:00 - 19:00	49,84	897,16	54,96	1033,15	-136,00
19:00 - 20:00	49,84	947,00	54,96	1088,11	-141,11
20:00 - 21:00	49,84	996,84	49,46	1143,06	-146,22
21:00 - 22:00	49,84	1046,68	49,46	1192,52	-145,84
22:00 - 23:00	49,84	1096,52	43,96	1241,98	-145,46
23:00 - 00:00	49,84	1146,37	32,97	1285,95	-139,58
00:00 - 01:00	49,84	1196,21	24,73	1318,92	-122,71

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el volumen compensador requerido para el sistema se sumarán las mayores variaciones del volumen extraído respecto del volumen suministrado, empleando la expresión:

$$V_c = \max|\Delta V| + \min|\Delta V|$$

Donde:

V_c = volumen compensador

ΔV = diferencias entre volumen de entrada y de salida ($V_e - V_s$)

Sustituyendo en la ecuación se tiene:

$$V_c = 142,81\text{m}^3 + 146,22\text{ m}^3 = 289,04\text{ m}^3$$

El volumen diario requerido está dado por:

$$V_d = P_T * D / 1\ 000$$

Donde:

V_d = volumen diario

P = población total

D = dotación

Sustituyendo valores se obtiene:

$$V_d = \frac{10\ 880\ hab * 100\ L/hab/día}{1\ 000} = 1\ 088\ m^3$$

A partir de lo anterior se puede expresar el volumen compensador como porcentaje del volumen diario de la siguiente forma:

$$\%V_c = \frac{V_c}{V_d}$$

Donde:

$\%V_c$ = volumen compensador expresado como porcentaje del volumen diario

V_c = volumen compensador

P_T = población total

$$\%V_c = \frac{289,04\ m^3}{1\ 088\ m^3} = 26,6\ \%$$

El volumen compensador requerido para el sistema para el tiempo proyectado es menor que el disponible, por lo tanto, se considera que el tanque actual brindará un volumen de almacenamiento suficiente para cubrir las variaciones de demanda del proyecto. Adicionalmente el tanque actual de

300 m³ representa un 27,37 % del volumen diario futuro, por lo que se encuentra dentro del rango recomendado (25 % al 40 %). A partir de los análisis anteriores se concluye que el tanque actualmente en funcionamiento posee la capacidad necesaria.

2.6.5. Obras hidráulicas

Para disminuir la presión estática dentro del sistema se emplearán cajas rompe presión, ubicadas de tal manera que la presión estática generada en los puntos más bajos del sistema no supere la presión admisible establecida según la clase de tubería.¹⁹

Adicionalmente, se requiere el uso de válvulas de seccionamiento para regular el paso del agua y realizar cortes del servicio en los distintos sectores en casos de reparación y mantenimiento.

2.7. Operación y mantenimiento

Para garantizar un correcto funcionamiento del sistema se deberán ejecutar tareas rutinarias mantenimiento preventivo y correctivo en los diferentes componentes del sistema.

Fuente de abastecimiento

Para que el pozo se mantenga operando en óptimas condiciones se recomienda realizar revisiones periódicas tanto de la perforación, como del equipo de bombeo.

¹⁹ PITTMAN, Roger. *Agua potable para poblaciones rurales*. p.55.

- Revisión del sistema eléctrico.
- Desmontado del equipo de bombeo.
- Cepillado de la columna del pozo para eliminar incrustaciones en la tubería y mantener la permeabilidad en las rejillas.
- Inyección de químicos de limpieza, de acuerdo con el criterio del ejecutor se deberán aplicar los productos recomendados en la dosificación y tiempo estipulados.
- Extracción de sedimentos.
- Limpieza y desinfección, utilizando cloro u otros productos de acción similar.
- Revisión del estado del equipo de bombeo, evaluando el estado del motor, de los impulsores y si existen piezas desgastadas debido a abrasión u otros elementos.

Tanque de distribución y sistema de desinfección.

Se recomienda cada tres o cuatro meses brindar mantenimiento preventivo al tanque de distribución, para reducir las molestias asociadas a la interrupción del servicio es preferible programar el mantenimiento del tanque al mismo tiempo que el del pozo. El procedimiento recomendado es el siguiente:

- Cerrar la válvula de la línea de distribución.
- Apagar el hipoclorador.
- Cerrar la válvula de la línea de conducción.
- Abrir la válvula de drenaje del tanque para vaciarlo.
- Realizar un lavado interno y desinfección, sin utilizar jabones o detergentes.
- Abrir la válvula de la línea de conducción.
- Cerrar la válvula de drenaje.

- Abrir la válvula de distribución.

Se recomienda verificar la lubricación de la tapadera metálica y el candado. Durante las tareas de limpieza se deberá verificar el estado interior del tanque, que no existan grietas u otro tipo de problemas, si existieran deberá notificarse para que se ejecuten las reparaciones correspondientes.

Adicionalmente, se deberá realizar una limpieza exterior en la losa superior del tanque. Es recomendable verificar también el estado de los cedazos en los respiraderos para evitar que se introduzcan animales, insectos u otro tipo de agentes patógenos, de ser necesario deberán reemplazarse.

En el sistema de desinfección deberá verificarse cada tres días el funcionamiento de la bomba del hipoclorador, así como la cantidad de cloro disponible.

Cajas rompe-presión

Como mantenimiento preventivo es recomendable realizar las siguientes acciones cada tres meses.

- Verificar el funcionamiento de la válvula de flote
- Verificar si el flote necesita graduación
- Verificar la integridad del flote
- Lavado de la caja

Cajas de válvulas

Como mantenimiento preventivo es recomendable

- Hacer una revisión general del estado de la caja, si existen grietas repararlas con mortero de cemento y arena.
- Revisar si existen fugas.
- Revisar que la válvula tenga un funcionamiento adecuado.

Conexiones prediales

Se deberá verificar continuamente las conexiones prediales para evitar fallas en el servicio y desperdicio de agua. Es importante mantener una correcta coordinación de parte de los fontaneros con la comunidad, a fin de garantizar que pueda informarse de desperfectos o problemas en el sistema de manera rápida y ejecutar los trabajos de reparación necesarios.

- Que la tubería de la conexión no se encuentre superficial
- Que la caja no se encuentre cubierta de tierra
- Que no existan fugas

2.8. Planos

Se adjuntan en los apéndices los planos detallados en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla XIX. Índice de planos

No. de hoja	Plano
1	Planta de conjunto
2	Planta general de diseño hidráulico
3	Planta de densidad de vivienda
4	Planta de curvas de nivel
5	Planta de diagrama de flujos
6	Planta de curvas isobaras
7 a 24	Planta-perfil de diseño hidráulico
25 a 29	Detalles de obras hidráulicas

Fuente: elaboración propia.

2.9. Presupuesto

Para la integración del presupuesto se consideró un factor de prestaciones del 66,77 %, y un factor de indirectos del 39 %, el cual comprende los gastos administrativos, financiamiento, imprevistos, fianzas y seguros, y utilidad.

La integración de los precios unitarios para cada uno de los renglones se presenta en la sección de apéndices, al igual que el resumen consolidado de los costos por renglón para el proyecto.

2.10. Cronograma de ejecución de obra

Tomando en cuenta los criterios de rendimiento para los distintos renglones se estimó el tiempo de ejecución para cada una de las actividades, generando una propuesta para el tiempo de ejecución (ver tabla XX).

Tabla XX. **Cronograma de ejecución propuesto**

No .	REGLÓN	CANT.	U.	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
1,1	Remozamiento e impermeabilización	403,56	m ²	■				
2,1	Replanteo Topográfico	4,78	km	■				
2,2	Trazo	4781,43	m	■	■	■	■	■
2,3	Instalación de Tubería	4781,43	m	■	■	■	■	■
2,4	Válvulas	20	U		■	■	■	■
2,5	Cajas rompe presión	2	U		■	■	■	■
2,7	Excavación	2118	m ³	■	■	■	■	■
2,8	Relleno	2330	m ³		■	■	■	■
3,1	Remoción y reposición de pavimento rígido	374,56	m ²		■	■	■	■
4	Conexiones Prediales	3457,05	m		■	■	■	■

Fuente: elaboración propia.

2.11. Evaluación ambiental

Para el desarrollo de cualquier proyecto de ingeniería es indispensable prever los efectos que puedan tener sobre el ambiente las acciones derivadas de su ejecución y operación.

Para estimar los efectos ambientales que un proyecto futuro generará a lo largo de su ciclo de vida puede emplearse un método predictivo, basado en causas y efectos, tal como el de la matriz de Leopold.

Tabla XXI. **Matriz de Leopold modificada para el proyecto de abastecimiento de agua potable**

Efectos ambientales			Etapa del proyecto					
			Construcción			Operación		
			A	N	B	A	N	B
Medio biofísico	Suelo	Estructura	-				*	
		Topografía		*			*	
		Compactación	-				*	
	Agua	Calidad		*			*	
		Caudales y cauces		*			*	
		Variación del nivel freático		*		-		
	Flora	Cobertura vegetal		*			*	
		Vegetación circundante			-		*	
	Aire	Calidad			-		*	
	Fauna	Fauna terrestre		*			*	
Fauna aérea			*			*		
Animales domésticos			*			*		
Medio Humano	Socio económico	Salud		*		+		
		Seguridad	-			+		
		Nivel de vida	+			+		
		Servicios		*		+		

(-) Impacto negativo, (*) impacto neutro, (+) impacto positivo

Fuente: elaboración propia, basado en RAMOS, Noé. *Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: Matriz de Leopold y método Mel-Enel*. p.48.

2.12. Vulnerabilidad del proyecto

El riesgo que presenta el proyecto está determinado por las amenazas existentes en el sitio de emplazamiento, así como por el nivel de vulnerabilidad que tiene ante tales amenazas. De esta manera el riesgo será más alto, cuando exista una amenaza que tenga alta probabilidad de ocurrir con un alto nivel de intensidad y que, por las características intrínsecas del proyecto, exista una alta exposición.

Tabla XXII. **Identificación de amenazas**

	Amenazas	Pronóstico	Comentarios
Naturales	Radiación solar intensa		
	Vientos fuertes		
	Sedimentación		
Socio-naturales	Incendios forestales	X	En áreas circundantes al proyecto existen zonas con alta cobertura forestal, susceptibles a incendios.
	Erosión (hídrica o eólica)	X	El área del proyecto posee pendientes pronunciadas, y calles no pavimentadas, lo cual genera erosión.
	Deforestación		
	Agotamiento de acuíferos	X	La alta presión sobre el recurso hídrico en el municipio provoca que el agotamiento de acuíferos afecte al funcionamiento del proyecto.
	Desecamientos de ríos	X	

Continuación de la tabla XXII.

Antrópicas	Incendios estructurales	X	La alta densidad de construcción en el sitio, aunado con el tipo de materiales coloca una alta amenaza de incendios, sin embargo, la infraestructura y obras relacionadas directamente con el proyecto no se verían afectadas.
	Derrames hidrocarburos		
	Contaminación por uso de agroquímicos	X	En la zona se realizan actividades de agricultura, lo cual genera una amenaza por contaminación de productos químicos provenientes de la lixiviación del suelo.
	Contaminación del aire		
	Contaminación por ruido		
	Contaminación eléctrica (alta tensión) y electromagnética (antenas telefónicas)		
	Contaminación por desechos sólidos	X	La contaminación por desechos sólidos.

Continuación de la tabla XXII.

Antrópicas	Contaminación por desechos líquidos	X	Actualmente no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario para la disposición adecuada de aguas servidas, lo cual puede provocar una eventual contaminación.
	Epidemias	X	Las condiciones sanitarias del sitio predisponen a la ocurrencia de un evento de epidemia generado por enfermedades transmitidas por vectores u otros medios.
	Plagas que afectan a humanos y/o procesos productivos	X	Debido a la presencia de actividades agrícolas existe amenaza de una posible.
	Aglomeraciones		
	Explosiones		
	Hundimientos por colapso de drenajes y/o acción del hombre.	X	Existen zonas susceptibles a hundimientos y deslizamientos.
	Manifestaciones Violentas	X	Debido a situaciones sociales o inconformidad pueden ocurrir manifestaciones violentas.
	Grupos delincuenciales	X	Existe presencia de grupos delincuenciales en la zona.
	Linchamientos	X	
	Conflictos sociales	X	Derivado de las condiciones sociales puede existir conflictos.

Fuente: elaboración propia, adaptado de SEGEPLAN. *Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública.* p.17 y 18.

Dentro de las principales amenazas que eventualmente podrían afectar la integridad del proyecto se destacan la ocurrencia de eventos sísmicos, deslizamientos o hundimientos, y la erosión del suelo. Mientras que en el componente antrópico la ocurrencia de conflictos sociales. En la tabla que se muestra a continuación se presenta una evaluación de las vulnerabilidades del proyecto relacionadas a distintos factores.

Tabla XXIII. **Evaluación de vulnerabilidad**

Componente de Geología	Sismicidad	Debido a las características geológicas y a la ubicación del sitio del proyecto, existe vulnerabilidad ante la ocurrencia eventos sísmicos.
	Erosión	La carencia de pavimentación en las calles hace vulnerable a los efectos de erosión, especialmente en la red de distribución del proyecto.
	Deslizamientos	El componente más crítico que se encuentra expuesto ante la ocurrencia de un eventual deslizamiento es el tanque de distribución.
	Vulcanismo	La ocurrencia de eventos volcánicos no afectaría directamente la operación del proyecto, debido a que la fuente de captación es subterránea.

Continuación de la tabla XXIII.

	Rangos de pendiente	Las pendientes del sitio son pronunciadas, por lo que la tubería es susceptible de sufrir daños al no emplearse técnicas constructivas adecuadas.
	Uso del suelo	El uso de suelo es predominantemente residencial, por lo que el proyecto es compatible con dicho uso.
Componente de ecosistema	Suelos agrícolas	La presencia de actividades agrícolas alrededor de la zona del proyecto podría afectar la calidad de la fuente.
	Hidrología superficial	Existe vulnerabilidad de inundaciones en algunos sectores del proyecto, asociados a la cercanía del afluente del río Platanitos.
	Hidrología subterránea	La alta demanda sobre las fuentes subterráneas en el municipio hace vulnerable al proyecto ante un eventual agotamiento del agua disponible.
	Áreas frágiles	El sitio del proyecto se encuentra contiguo al parque ecológico municipal La Cerra.
	Sedimentación	No se considera que los procesos de sedimentación como producto de la erosión generen un impacto significativo sobre los componentes del proyecto.
Componente de medio construido	Radio de acción	El proyecto brinda servicio únicamente a población dentro de su zona de influencia.

Continuación de la tabla XXIII.

	Accesibilidad	La accesibilidad al sitio del proyecto puede verse comprometida en ciertas épocas del año debido a las condiciones de la carretera.
	Consideraciones urbanísticas	El proyecto mejorará la disponibilidad de servicios.
	Usos del suelo y fuentes contaminantes	El proyecto no se encuentra expuesto a fuentes contaminantes ni usos de suelo que afecten su funcionamiento.
	Normas urbanas	Actualmente no se cuenta con un plan de ordenamiento territorial en el municipio, pero el proyecto es compatible con el desarrollo de los caseríos.
	Dimensionalidad del proyecto	Si se cuenta con el espacio suficiente para la construcción del proyecto.
Componente de contaminación	Desechos sólidos y líquidos	No se cuenta con sistema de alcantarillado.
	Industrias contaminantes	El proyecto no se encuentra expuesto a industrias contaminantes.
	Líneas de alta tensión	No existe peligro por líneas de alta tensión que puedan afectar al proyecto.
	Peligro de explosiones e incendios	No se considera que las amenazas de incendio puedan afectar el proyecto.
Componente institucional y social	Seguridad ciudadana	No se considera que la acción de grupos delincuenciales pueda afectar al proyecto.

Continuación de la tabla XXIII.

Componente institucional y social	Marco legal	El terreno para la construcción se encuentra como propiedad municipal.
	Participación ciudadana	Existen COCODES en ambos caseríos.
	Importancia socioeconómica	El proyecto representa un alto valor socioeconómico para las comunidades.
	Calidad de vida	Se prevé que el proyecto represente una mejora en la calidad de vida de la población.
	Conducta Local	Con una correcta socialización y educación se considera que la conducta local sea positiva respecto al proyecto.

Fuente: elaboración propia, adaptado de SEGEPLAN. *Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública*. p.24-28.

Se considera que los riesgos de origen antrópico y social pueden mitigarse a través de una correcta socialización del proyecto y gestión comunitaria, para garantizar que el proceso de construcción y operación se lleve a cabo sin conflictos, ya que el proyecto constituye una mejora para la calidad de vida se espera una buena recepción.

Respecto de los riesgos de origen natural, el riesgo más considerable está relacionado con la fuerte pendiente del sitio del proyecto, dicho riesgo puede mitigarse aplicando las correctas técnicas constructivas y realizando los anclajes necesarios a la tubería. Otro de los riesgos más relevantes con relación al proyecto es el agotamiento del agua subterránea, lo cual debe controlarse a través de políticas de manejo del recurso hídrico en el municipio y

con un monitoreo periódico de las fuentes, sin embargo, este tipo de medidas deben adoptarse a nivel municipal y no forman parte del proyecto en cuestión.

3. LOCALIZACIÓN PREDIAL Y USO DEL SUELO EN SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto de localización predial y uso de suelo para los sectores 1, 2 y 3 de la colonia Villa Hermosa 1 comprende los procesos de planificación del levantamiento de información, la adquisición de información en campo, su posterior sistematización y procesamiento para generar archivos de capas tipo *shapefile*, conteniendo los atributos recolectados.

Se utilizaron como base un archivo con la geometría de los polígonos de los sectores a trabajar, proporcionada por el Departamento de Catastro y Administración de IUSI de la municipalidad. Adicionalmente se emplearon ortofotos correspondientes a 2013 y fotografías satelitales disponibles a través de servicios gratuitos.

A partir de los insumos disponibles e información recolectada en campo se procedió a construir la tabla de atributos que contiene la información específica de cada uno de los predios en los sectores bajo estudio, empleando el software QGIS. Los detalles de la tabla de atributos y de la metodología empleada se presentan en secciones posteriores. Finalmente, se procedió a la diagramación de mapas a partir de la información generada.

3.2. Conceptos teóricos

El desarrollo del proyecto involucra una serie de conceptos teóricos que son fundamentales para comprender los elementos constitutivos, las herramientas empleadas y la utilidad de la información generada.

3.2.1. Catastro municipal

De acuerdo con el Código Municipal²⁰ es competencia de las municipalidades la generación y actualización del catastro municipal, con el objetivo de administrar correctamente su territorio y contar con información que permita formular políticas y planes en beneficio del desarrollo urbano o rural, así como administrar la recaudación del impuesto único sobre inmuebles.

A partir de estas competencias surge la necesidad de contar con información actualizada para el municipio a un nivel de detalle que permita tener una comprensión más específica del territorio, y realizar análisis más completos, que permitan la toma de decisiones basada en información.

3.2.2. Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) permite la lectura, edición, almacenamiento y, gestión de datos espaciales. Por otra parte, permite ejecutar análisis de dichos datos, así como la visualización a través de mapas, informes o gráficos de diversos tipos. Un sistema de información geográfica está constituido por varios componentes.

²⁰ Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 12-2002: Código Municipal*, artículos 35 y 142. p. 3 y 11.

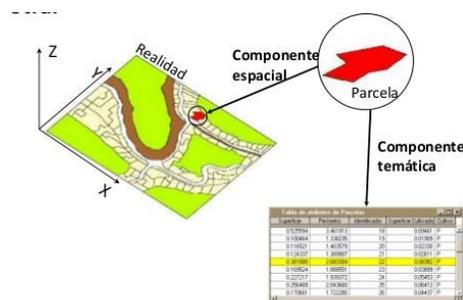
La versatilidad de los sistemas de información geográfica hace que sean útiles para distintas disciplinas de la ciencia, y su aplicación en ámbitos de la vida real, tal como es el caso de la planificación urbana.

3.2.2.1. Información geográfica

La información geográfica está constituida por una componente espacial y otra temática. La componente espacial se basa en la posición dentro de un sistema de referencia, confiriéndole su carácter espacial, o en otros términos dándole su localización geográfica. La componente temática va ligada inherentemente a la otra componente, y responde a información descriptiva sobre algún proceso o fenómeno que ocurre dentro de la localización.²¹

De acuerdo con sus propiedades la información geográfica permite describir cómo ocurre un fenómeno y establecer en dónde ocurre, así como otro tipo de correlaciones entre variables y su localización.

Figura 12. Representación esquemática de las componentes de la información geográfica



Fuente: PALOMAR, Jesús. *Personales*.

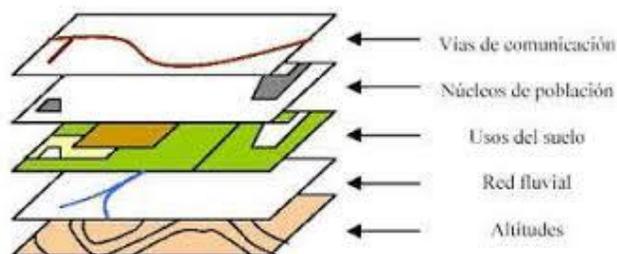
<http://personales.upv.es/jpalomav/cursos/master/curso.htm?t3.html>. Consulta: 18 de marzo de 2020.

²¹ OLAYA, Víctor. *Sistemas de información geográfica*. p. 66-69.

3.2.2.2. Capas

Una capa dentro del contexto de los sistemas de información geográfica se define como la unidad fundamental de información geográfica, la cual está delimitada dentro de una ubicación y representa información concreta sobre un tema específico.²² La utilización de capas permite una mejor organización de los sistemas de información geográfica, así como la realización de análisis, visualización de la información, adicionalmente este tipo de estructura tiene una ventaja significativa en el almacenamiento y funcionalidad de esta.

Figura 13. **Esquema de capas en sistemas de información geográfica**



Fuente: KAREAGA, Iñaki. *Diseño y Desarrollo de herramientas de validación topológica en el entorno gvSIG*. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/835/1/00834tfc.pdf>.

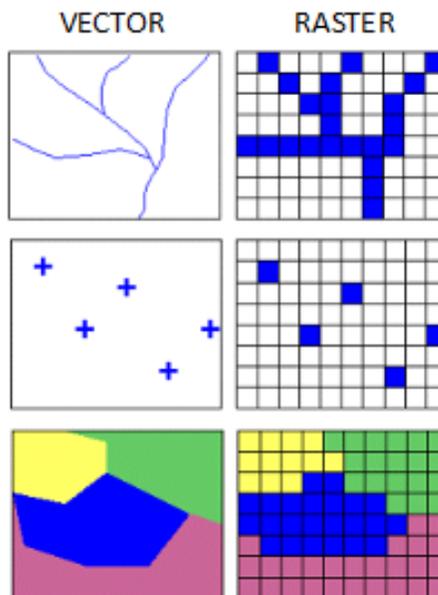
Consulta: 11 de enero de 2020.

Existen dos modelos principales para el almacenamiento de información geográfica en capas, a través de una matriz de píxeles (formatos ráster), o empleando una definición de entidades tales como puntos, líneas, curvas y polígonos, los cuales se fundamentan en atributos matemáticos que establecen su posición y forma. Para una mayor comprensión de los dos modelos de almacenamiento ver la figura presentada a continuación.²³

²² OLAYA, Víctor. *Sistemas de Información Geográfica*. p. 74.

²³ Ibid. p. 82-93.

Figura 14. **Visualización de modelos tipo vectorial y ráster para la representación de información geográfica**



Fuente: AZAVEA. *Summer of maps: raster versus vector visualization.*

<https://www.azavea.com/wp-content/uploads/2014/08/Vector-Raster.png>. Consulta: 11 de enero de 2020.

Cada una de las formas de almacenamiento posee sus ventajas y desventajas, en la tabla a continuación se muestra una comparación general de ambos modelos.

Para cada uno de los modelos de almacenamiento existe gran variedad de formatos de archivo, con distintas propiedades y compatibilidad con software específico. Particularmente para el desarrollo de este proyecto se emplearon archivos *CAD* con la geometría de los polígonos, los cuales fueron almacenados posteriormente en formato vectorial *Shapefile* (extensión *.shp*), para la producción de los archivos finales. Adicionalmente, se utilizaron ortofotos proporcionadas en formato *Enhanced Compressed Wavelet*

multibanda (extensión, ecw) los cuales presentan un gran rango de compresión, brindando la ventaja de ocupar menos espacio de almacenamiento.

Tabla XXIV. **Comparación de modelos ráster y vectorial para almacenamiento de información geográfica**

Ráster	Vectorial
<ul style="list-style-type: none"> • La información se almacena a través de una matriz de celdas, a cada celda se le asigna un valor según la variable que se modela. • Permite una mayor rapidez de cálculo debido a su estructura. • Ocupa una mayor cuota de almacenamiento causado por un mayor volumen de datos. • Presenta información discreta. 	<ul style="list-style-type: none"> • La información se representa a través de definiciones matemáticas de entidades geométricas. • Su procesamiento requiere más recursos computacionales debido a la complejidad de su estructura. • Requiere menos almacenamiento que los formatos ráster. • Representa información continua.

Fuente: OLAYA, Víctor. *Sistemas de información geográfica*. p. 108-116.

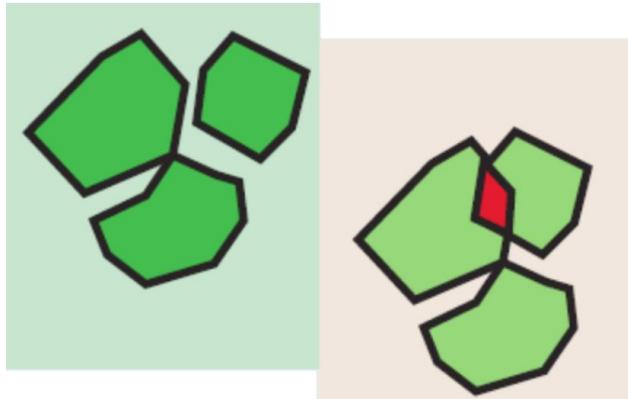
3.2.2.3. Topología de entidades espaciales

La topología se puede definir como un conjunto de reglas que permiten modelar relaciones geométricas entre distintas entidades espaciales con una mayor precisión. Estas relaciones definen como dichas entidades comparten un espacio geográfico.²⁴

²⁴ ESRI. *La topología en ArcGIS*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/data/topologies/topology-in-arcgis.htm>.

Los archivos *Shapefile*, debido a la estructura que utilizan para definir la información no almacenan de forma explícita las relaciones topológicas entre entidades tal como lo hacen otros formatos, sin embargo, es posible realizar verificaciones de ciertas relaciones, de manera que la geometría almacenada no presente inconsistencias que generen ambigüedad e inexactitud en la información.

Figura 15. **Ejemplo de relaciones topológicas entre polígonos**



Fuente: Geography Portland State University. *Topology*.

http://web.pdx.edu/~jduh/courses/geog475f10/475Week5b_Topology.pdf. Consulta: 11 de enero de 2020.

3.2.3. **Sistemas de coordenadas**

Para definir la ubicación de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra existen distintos modelos²⁵ que permiten simplificar la complejidad natural de la misma, definiendo su forma y dimensiones a través de conceptos matemáticos.

²⁵ OLAYA, Víctor. *Sistemas de información geográfica*. p. 46.

3.2.3.1. Datum

Se puede definir una representación idealizada de la superficie de la Tierra a través de un modelo elipsoidal, sin embargo, se requiere que dicho modelo presente ciertas características con el objetivo de garantizar que tenga suficiente exactitud para definir un sistema de coordenadas geográfico.²⁶

A través de un conjunto de puntos de referencia sobre la superficie terrestre se logran definir parámetros que permitan representar un elipsoide que se apegue a la forma de la superficie de la Tierra.

3.2.3.2. Elipsoide

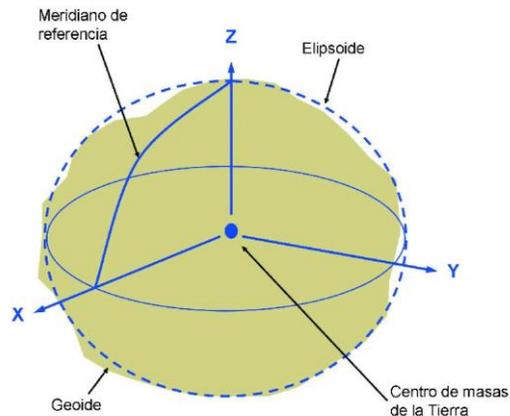
Un elipsoide es un modelo idealizado de la superficie de la Tierra que permite establecer la localización de cualquier punto que se encuentre sobre ella.²⁷ Existen elipsoides globales y locales, en el caso de los locales, se asegura la validez dentro de una zona determinada, debido a los puntos de referencia que se toman en cuenta.

Por otra parte, los elipsoides globales tienen una relación directa con un modelo geoidal, asegurando que el centro de gravedad y el ecuador del elipsoide coinciden con los del geode (ver Figura 16). El modelo elipsoidal más extendido en uso por su carácter global es el WGS 84.

²⁶ OLAYA, Víctor. *Sistemas de información geográfica*. p. 45, 46.

²⁷ *Ibíd.* p. 42, 43.

Figura 16. **Esquema de un elipsoide global**



Fuente: VALCÁRCEL, Ramón. *Atlas global de la región de Murcia*. Obtenido de: https://www.atlasdemurcia.com/contenido/Capitulo%20I/0103_Dir/0103_Picture8.jpg. Consulta: 18 de marzo de 2020.

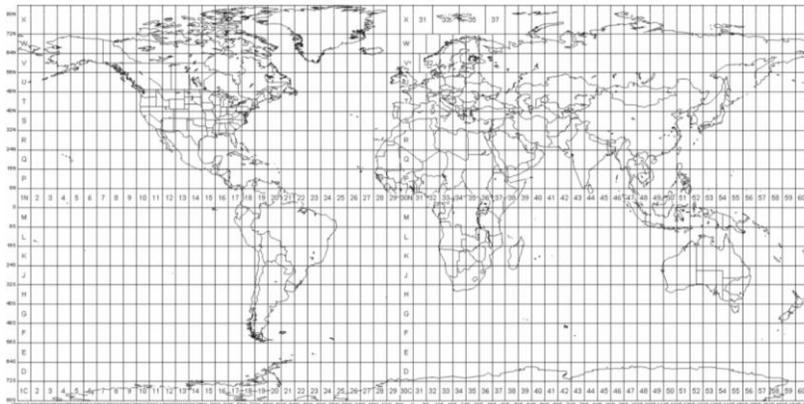
3.2.3.3. **Proyección GTM (Guatemala Transversa de Mercator)**

Para representar y procesar información geográfica con mayor facilidad se utilizan proyecciones cartográficas, que permiten transformar las localizaciones sobre la superficie de la Tierra a coordenadas sobre el plano, con lo que los cálculos se simplifican de manera significativa.

Una de las proyecciones más utilizadas es la UTM (Universal Transversa de Mercator), la cual establece zonas definidas por husos y bandas que al ser proyectadas se visualizan como una cuadrícula sobre el plano. Uno de los inconvenientes que presenta esta proyección es que, al alejarse del centro del huso, la distorsión aumenta, volviendo menos exactas las coordenadas. Guatemala se encuentra entre dos zonas de la proyección UTM (15 y 16), por lo que existía necesidad de utilizar dos zonas diferentes dependiendo de la

ubicación, ya que al utilizar una misma zona se presentan distorsiones altas de la proyección en las ubicaciones más alejadas de la franja utilizada.

Figura 17. **Visualización de la proyección UTM**



Fuente: Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada. *Procesamiento de imágenes satelitales*. <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/pdi2/Practicas/practica3.pdf>.

Consulta: 11 de enero de 2020.

Para dar solución a ese inconveniente se generó una proyección Transversa de Mercator centrada en el meridiano $90,5^{\circ}$ W, con lo cual se obtuvo una única zona que es válida dentro de toda la extensión del territorio guatemalteco. La proyección normalizada única para Guatemala es aplicable a los trabajos cartográficos, geodésicos, catastrales y para las aplicaciones de sistemas de información geográfica.

Los parámetros para definir matemáticamente la proyección para Guatemala están dados por la norma COGUANOR NTG 211001 y se muestran en la tabla a continuación.

Tabla XXV. **Parámetros que definen la proyección GTM**

Nombre del elemento	Entrada
Identificador del sistema de coordenadas	GTM
Identificador del datum	WGS84
Tipo de datum	Geodésico
Punto de anclaje del datum	Centro de la Tierra
Identificador del elipsoide	WGS84
Semieje mayor del elipsoide	6 378 137,0 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
Identificador de unidades del eje del sistema de coordenadas	m
Latitud de origen	0°
Longitud de origen	-90,5°
Factor de escala en el meridiano central	0,9998
Falso norte	0 m
Falso este	500000 m

Fuente: COGUANOR. NTG 211001: *Norma nacional para sistemas de proyección para información geoespacial para Guatemala GTM*. p. 6 - 7

3.2.4. Georreferenciación

La georreferenciación es el proceso de asignar una ubicación espacial a distintas entidades a través de un sistema de coordenadas.²⁸ Este proceso permite transformar la información proveniente de distintas fuentes sobre un

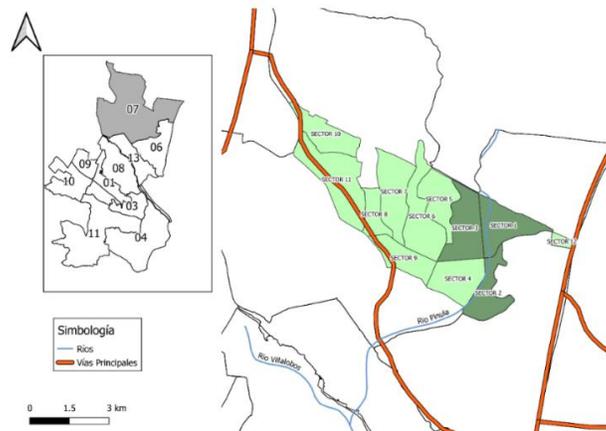
²⁸ ESRI. *Georreferenciación y sistemas de coordenadas*. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>.

fenómeno en información geográfica, de tal forma que pueda ser empleada en un sistema de información geográfica.

3.3. Delimitación geográfica y división territorial del área

El área de interés para el proyecto está comprendida por los sectores 1, 2 y 3, de la Colonia Villa Hermosa 1, ubicada en la zona 7 del municipio de San Miguel Petapa. La localización de dichos sectores se muestra en la figura a continuación, se encuentra delimitada la colonia Villa Hermosa I, resaltados con color oscuro se muestran los sectores estudiados.

Figura 18. **Delimitación geográfica del área bajo estudio**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS. Capas obtenidas de Municipalidad de San Miguel Petapa e Instituto Geográfico Nacional.

3.4. Categorías de uso de suelo

Para la clasificación de uso de suelo en un territorio pueden definirse una serie de categorías, las cuales deben corresponder con el nivel de detalle proporcionado por la escala de trabajo. Para el proyecto desarrollado se considera una escala de trabajo 1:10000, lo cual representa un nivel detallado,

permitiendo modelar una estructura aún más desagregada a través de subcategorías y usos específicos compatibles con la definición de las categorías. Como referencia se empleó las categorías y subcategorías específicas recomendadas para el contexto nacional²⁹ (ver Tabla XXVI).

Tabla XXVI. **Categorías y subcategorías de uso de suelo**

Carácter general	Categoría (1:50000 - 1:25000)	Subcategorías específicas (1:25000 - 1:5000)	Descripción
Urbano	Residencial - RES	Residencial Baja Densidad RES-BD	Vivienda individual o unifamiliar, comercios aislados asociados, instalaciones públicas pequeñas, zonas verdes.
		Residencial Alta Densidad RES-AD	Vivienda uni- o multifamiliar, comercio, instalaciones públicas, talleres no perturbadores, zonas verdes.
Urbano	Residencial - RES	Zona Mixta RES-MX	Vivienda, comercios, industria, talleres, instalaciones públicas, transporte.
Urbano	Comercial - COM	Comercio COM-CO	Comercio, servicios, institucional, gobierno, turismo, equipamientos públicos.
		Industria COM-IN	Industria, equipamientos. públicos y usos asociados.

²⁹ Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. p. 97-99.

Continuación de la tabla XXVI.

Especial	Especial - ESP	Zona Especial Urbano ESP-UR	Educación, religioso, instalaciones públicas grandes
Protección	Protección - PTE	Protección espacial PTE-ESP	Zonas naturales, zonas vulnerables (barrancos, riveras, entre otros), reservas del Estado.

Fuente: SEGEPLAN, *Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*.
p. 97-99.

3.5. Metodología de recolección de información

Para la fase de levantamiento de información del proyecto se efectuaron visitas de campo y la captura de imágenes georreferenciadas, como se detalla a continuación.

3.5.1. Visitas de campo

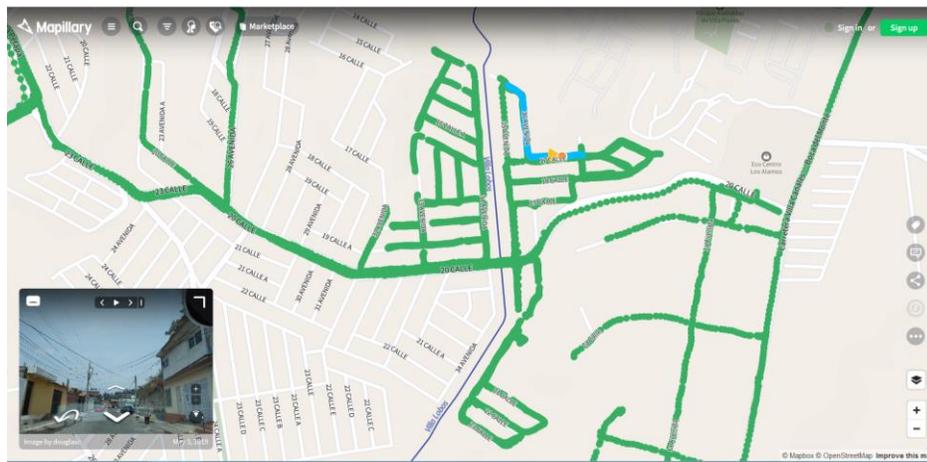
Se realizaron visitas de reconocimiento al área bajo estudio, con el objetivo de establecer una planificación de los recorridos de recolección de información, observando las condiciones de los sectores.

3.5.2. Registro fotográfico a nivel de calle

Se realizaron recorridos de campo, a través de la plataforma Mapillary se capturaron imágenes geolocalizadas con GPS, de los sectores en cuestión. Posteriormente las imágenes capturadas fueron subidas a la plataforma, en la

cual se muestra la trayectoria de cada uno de los recorridos, permitiendo visualizar las condiciones existentes en campo al momento de la recolección de información (ver Figura 19).

Figura 19. **Visualización de registro de imágenes geolocalizadas a través de plataforma Mapillary**



Fuente: elaboración propia, a partir de <https://www.mapillary.com/app/>. Consultado el 04 de enero de 2020.

3.6. Digitalización de información geográfica

Como se describió en secciones anteriores la información geográfica consta de una componente temática y una espacial, por lo que para generar un registro de este tipo se requiere la digitalización de los polígonos correspondientes a los predios que se encuentran dentro del área de estudio.

Adicionalmente, la captura y digitalización de la información temática sobre uso de suelo (categorías, subcategorías y usos específicos, así como información sobre la división territorial).

A partir de un archivo CAD con la geometría de los polígonos de los predios se generó un *Shapefile*, referenciado en el sistema de coordenadas GTM, brindando la localización y dimensiones de cada una de las entidades espaciales a modelar. Sobre esta base se procedió a crear cada uno de los campos que se digitalizaron para cada predio. Posteriormente, se digitalizó la información temática, a través de la tabla de atributos para cada uno de los archivos generados.

Figura 20. **Visualización archivo CAD con la geometría de los predios**



Fuente: captura propia, empleando AutoCAD.

3.6.1. Software QGIS

Para el procesamiento final de la información generada a través de los insumos proporcionados, así como de la información recolectada en campo se empleó el software libre QGIS. La siguiente descripción es mostrada en el sitio web del software.

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License . QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos. 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.³⁰

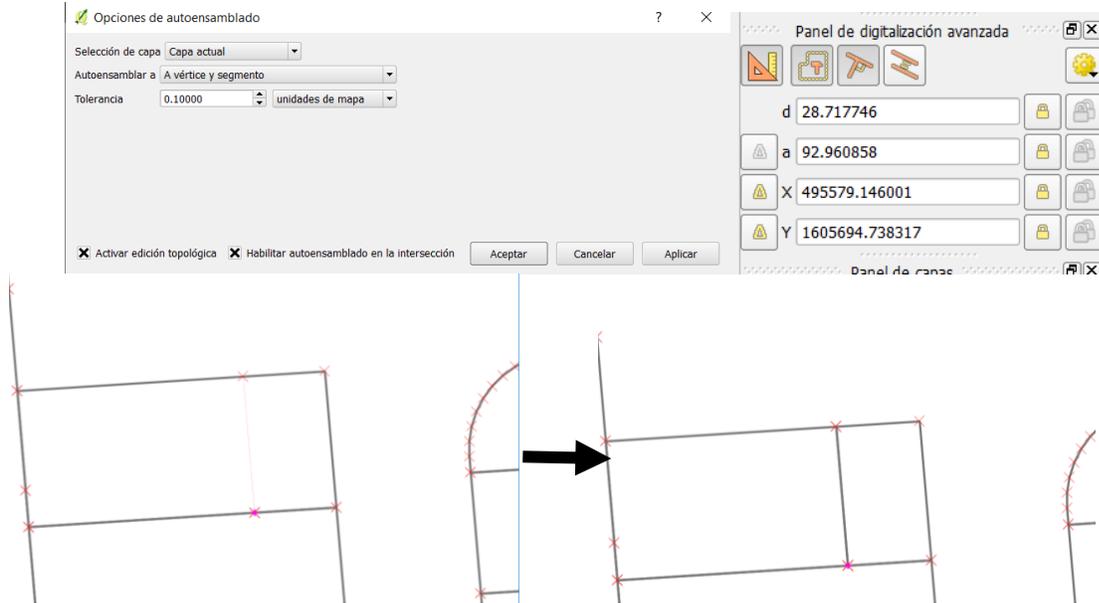
3.6.2. Dibujo de geometrías

Debido a que se contaba con archivos *CAD* con los polígonos de los predios correspondientes a los sectores trabajados, se convirtió la geometría a un *Shapefile*, sin embargo, se presentó la necesidad de actualizar algunas divisiones de polígonos, debido a que la información se encontraba desactualizada, omitiendo algunas desmembraciones en predios.

Dentro del software existen diversas opciones de edición de entidades espaciales, las cuales permiten dividir, unificar o modificar la forma de polígonos, sin embargo, es importante asegurar que la geometría sea válida, para ello se pueden aprovechar las herramientas de autoensamblado y el panel de digitalización avanzada, que permite crear líneas perpendiculares, paralelas y con un ángulo definido.

³⁰ QGIS Association. *Acerca de QGIS*. <https://qgis.org/es/site/about/index.html>.

Figura 21. **Uso de herramientas de autoensamblado y digitalización avanzada en QGIS**



Fuente: captura propia, empleando QGIS 2.18.

3.6.3. Especificaciones técnicas de tabla de atributos

Para definir una estructura adecuada para la representación de la información geográfica en formato digital se requiere establecer los tipos de datos de cada una de las variables, así como su longitud, de tal forma que no existan errores accidentales en el proceso de digitalización, que provoquen errores durante los procesos de consulta, visualización o procesamiento posteriores.

De acuerdo con la información proyectada se definieron las tablas de atributos para las capas (ver tablas XVII y XVIII).

Tabla XXVII. **Tabla de atributos para capa de predios**

No.	Descripción de los campos	Abreviatura	Tipo	Longitud
0	Id	Id	Entero	10
1	Código de departamento	COD_DEP	Entero	4
2	Nombre de departamento	NOM_DEP	Texto	20
3	Código del municipio	COD_MUN	Entero	4
4	Nombre del municipio	NOM_MUN	Texto	30
5	Número de manzana	NUM_MZN	Entero	4
6	Número de predio	NUM_PRE	Entero	10
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
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	Número de zona	NUM_ZON	Entero	2
17	Número de niveles construidos	NUM_NIV	Entero	2
18	Observaciones	OBS	Texto	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Tabla de atributos para capa de calles**

No.	Descripción de los campos	Abreviatura	Tipo	Longitud
0	id	Id	Entero	10
1	Nombre del municipio	NOM_MUN	Texto	20
2	Tipo de revestimiento (superficie de rodadura)	TIP_REV	Entero	12
3	Contiene alcantarillado sanitario	DRENAJE	Texto	2
4	Contiene línea de distribución de agua potable	AGUA	Entero	2
5	Contiene alcantarillado pluvial	PLUVIAL	Entero	2
6	Tipo de administración (privada o municipal)	TIP_ADM	Texto	10
7	Observaciones	OBS	Texto	100
8	Área	AREA	Texto	6

Fuente: elaboración propia.

3.7. Control de calidad de información geográfica

Para garantizar que los posteriores actualizaciones, consultas y análisis de la información geográfica generada ocurran sin inconvenientes es pertinente tomar algunas consideraciones, las cuales se detallan en las secciones posteriores.

3.7.1. Validación topológica de geometría

Como se abordó en secciones anteriores, la componente espacial es esencial para la información geográfica, por lo tanto, se convierte en una necesidad que las geometrías de las entidades sean válidas, existen una serie de reglas topológicas que pueden verificarse a través del software utilizado (ver figura 22).

Figura 22. Visualización de comprobación de topología



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

Algunas de las comprobaciones que se pueden realizar para capas de tipo polígono son:

- Superposición de polígonos
- Superposición entre capas adyacentes
- Existencia de elementos duplicados
- Existencia de geometrías inválidas
- Adyacencia entre polígonos (existencia de vacíos)

3.7.2. Metadatos

Para complementar el proceso de interpretación de la información geográfica generada es importante contar con datos complementarios que describa aspectos de la información con el objetivo de facilitar su interpretación. En términos sencillos los metadatos son datos acerca de los datos, es decir que su misión es explicar el significado de los datos, ayudando a los usuarios a entenderlos de mejor manera fomentando el uso correcto, facilitando la futura gestión y actualización teniendo en cuenta la temporalidad de la información.³¹

Pueden ser generados a través de herramientas tan sencillas como editores de texto, o bien a través de sistemas más avanzados que permita su automatización y manejo estandarizado. En los apéndices 3 y 4 se incluyen tablas que contienen metadatos básicos sobre las capas generadas a través de la ejecución del proyecto.

³¹ OLAYA, Víctor. Sistemas de información geográfica. p. 767-771.

3.7.3. Estructura jerárquica de proyecto

Con el objetivo de presentar la información digital de una manera estructurada para facilitar su posterior lectura y administración se empleó la siguiente estructura de carpetas:

- Directorio base: Z7_SMP_2019_US (zona 7, San Miguel Petapa, año 2019, uso de suelo).
 - Capas base: contiene todas las capas recibidas como insumos para la generación de la información correspondiente al proyecto.
 - MGCS: contiene las capas proporcionadas por la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.
 - MUN_: contiene las capas correspondientes a la Municipalidad de San Miguel Petapa.
 - Nacionales.
 - Capas generadas: esta carpeta contiene los archivos generados como resultado del proceso de adquisición y procesamiento de la información correspondiente al proyecto.
 - Calles: contiene archivo Shape correspondiente a la clasificación de calles, con información sobre los tipos de superficie de rodadura, y otra información complementaria dentro del archivo CALLES.shp.
 - Predios: contiene archivo Shape de los predios dentro del área de estudio del proyecto, dentro del archivo VILLA_HERMOSA_SEC_1_2_3_FINAL.shp.

- Documentos: comprende información complementaria sobre el proyecto y la información desarrollada.
- Estilos: incluye estilos de capa, para el software QGIS, para efectos de visualización y producción de mapas.
- Imágenes JPG_PDF.
- Imágenes satélite: la carpeta incluye un archivo ECW con sus respectivos archivos auxiliares, para la imagen satelital del municipio de San Miguel Petapa.
- Logos: incluye logotipos y escudos utilizados en la producción de mapas.
- Mapas: en esta carpeta se incluyen los mapas generados para las distintas categorías de clasificación de uso de suelo, así como para los atributos de número de niveles y la visualización de tipos de superficie de rodadura para las calles. Dichos mapas se encuentran en los archivos detallados a continuación.
 - 1 Residencial Villa Hermosa 1 SMP.pdf
 - 2 Comercio Villa Hermosa 1 SMP.pdf
 - 3 Protección Espacial Villa Hermosa 1 SMP.pdf
 - 4 Especial Villa Hermosa 1 SMP.pdf
 - 5 Número de niveles Villa Hermosa 1 SMP.pdf
 - 6 Calles Villa Hermosa 1 SMP.pdf

- Ortofotos: la carpeta comprende los archivos correspondientes a ortofotos en Bandas RGB proporcionadas por Banco Mundial.
 - 2059-I_19_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-I_20_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-I_24_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-I_24_Ikonos_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-I_25_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-I_25_Ikonos_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-II_04_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-II_04_Ikonos_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-II_05_GeoEye_RGB_Ortho.ecw
 - 2059-II_05_Ikonos_RGB_Ortho.ecw

- Proyectos: esta carpeta contiene los proyectos de QGIS con las capas del proyecto montadas. Se incluye el proyecto Sectores_1_2_y_3_VH1_Z7.qgs compatible con la versión 2.18 o posterior del software y el proyecto VISTA_3D.qgz el cual contiene una visualización tridimensional generada con el atributo de número de niveles, compatible con la versión 3 o superior del software QGIS.

- Tablas: contiene una tabla con las categorías y subcategorías utilizadas en la clasificación de uso para el proyecto.

3.8. Presupuesto del proyecto

Se realizó una estimación de los costos asociados con la generación de la información geográfica para el proyecto, tomando en cuenta cada una de las actividades e insumos empleados (ver tabla XXIX).

Tabla XXIX. **Costos de generación de información geográfica**

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Planificación de levantamiento de información	1,00	U	Q. 2 930,03	Q. 2 930,03
2	Levantamiento de información	6,73	km	Q. 301,88	Q. 2 031,62
3	Creación archivo <i>shapefile</i>	2	U		Q.25 536,83
3.1	Imágenes satelitales GeoEye e Ikonos (RGB resolución 0.5 m x 0.5 m)	57,5	km2	Q. 199,37	Q.11 463,68
3.2	Procesamiento y carga de imágenes digitales	4000	U	Q. 0,11	Q. 438,70
3.3	Depuración y verificación de <i>shapefile</i>	1	U	Q. 3 431,53	Q. 3 431,53
3.4	Digitalización de información	1210	predio	Q. 8,43	Q. 10 202,93
4	Diagramación mapas	6	hoja	Q. 6,00	Q. 36,00
TOTAL					Q. 30 534,48

Fuente: elaboración propia.

3.9. Estadísticas de uso de suelo

A partir de la información generada se pueden realizar algunos análisis respecto de la distribución del uso de suelo en los sectores bajo estudio. En la Figura 23 se puede observar que existe una predominancia del uso residencial

de baja densidad, adicionalmente existen con bastante frecuencia usos mixtos. En relación con el número de predios los otros usos se presentan en menor cantidad.

Por otra parte, en la tabla XXXI y figura 24 se muestra una distribución en relación con el área ocupada por cada uno de los usos definidos, siendo de igual manera el uso residencial de baja densidad el más predominante con un 56,52 % del área total de estudio, en segundo lugar, el uso de protección especial (PTE-ESP), debido a la morfología del lugar, que presenta existencia de algunos barrancos y riveras de río.

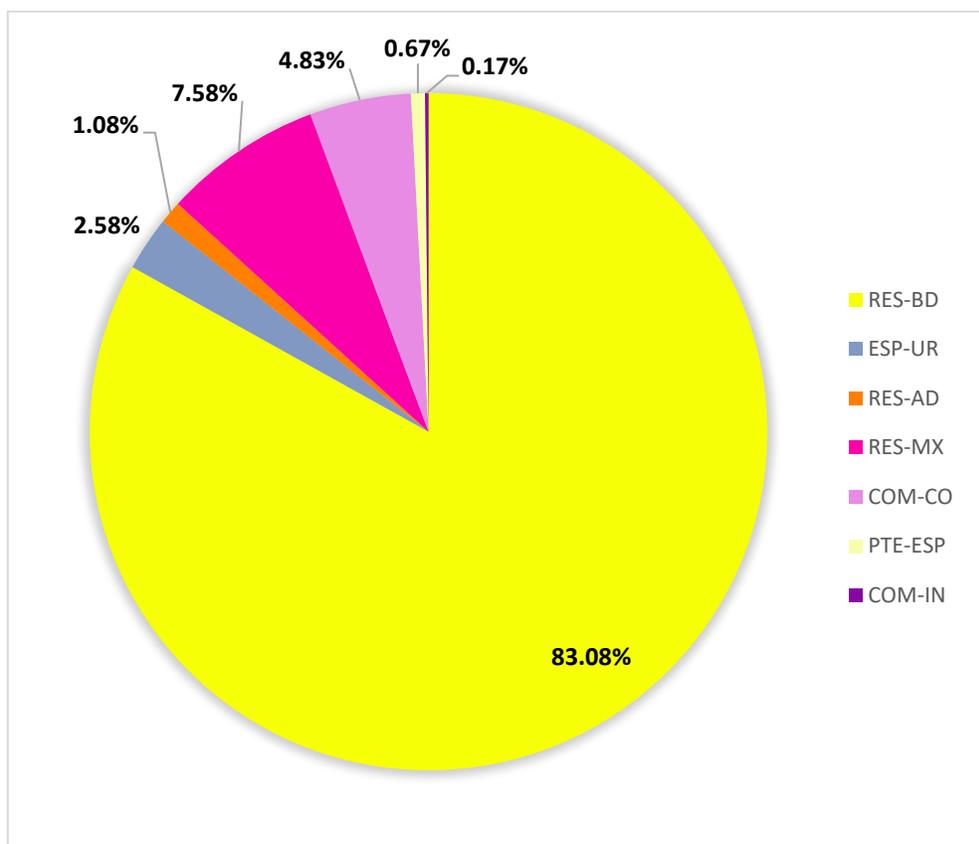
El uso especial urbano cuenta con un 5,93 % del área total. Los usos de comercio puro presentan un 4,07 % del área, es notable la presencia alrededor del eje principal de acceso al lugar (Calle Real de Petapa).

Tabla XXX. **Clasificación por subcategoría de uso de suelo**

SUBCATEGORÍA DE USO	No. PREDIOS	PORCENTAJE
RES-BD	997	83,08 %
ESP-UR	31	2,58 %
RES-AD	13	1,08 %
RES-MX	91	7,58 %
COM-CO	58	4,83 %
PTE-ESP	8	0,67 %
COM-IN	2	0,17 %
TOTAL	1 200	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Gráfica de clasificación por subcategoría de uso de suelo**



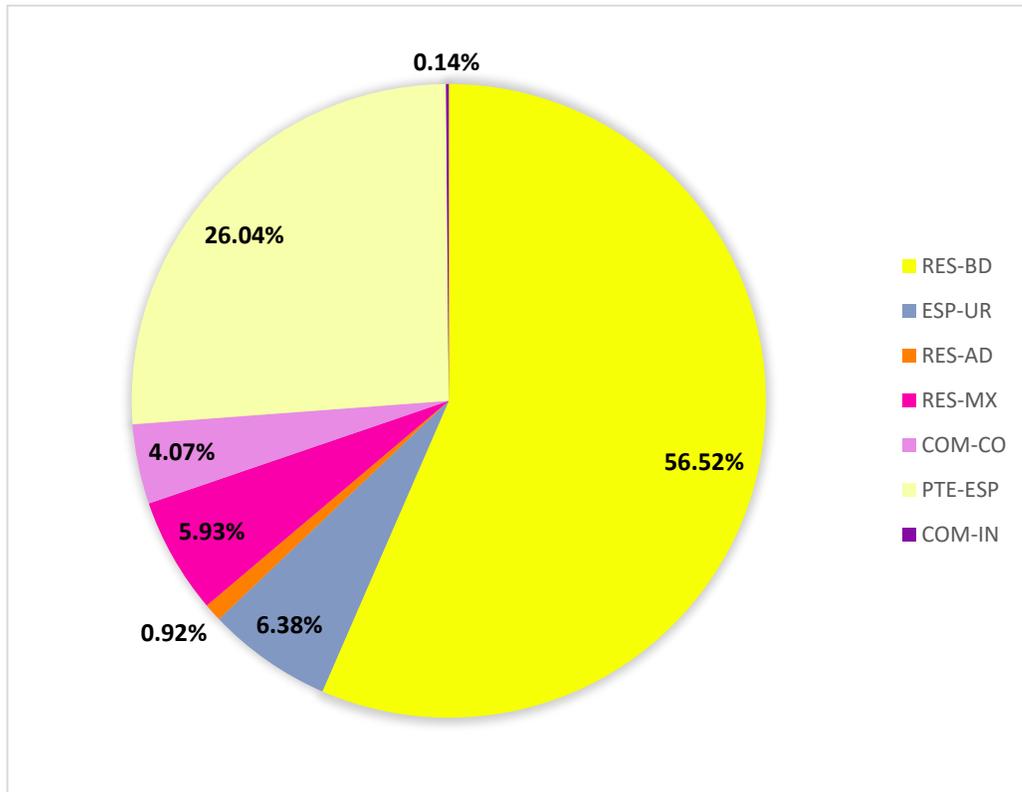
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXI. **Clasificación espacial por áreas de ocupación**

SUBCATEGORÍA DE USO	ÁREA (m ²)	PORCENTAJE
RES-BD	147 935,254	56,52 %
ESP-UR	16 690,353	6,38 %
RES-AD	2 403,489	0,92 %
RES-MX	15 519,565	5,93 %
COM-CO	10 644,891	4,07 %
PTE-ESP	68 154,711	26,04 %
COM-IN	370,443	0,14 %
TOTAL	261 718,706	100,00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 24. **Gráfica de clasificación espacial por áreas de ocupación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.10. Mapas de uso de suelo

A partir de las capas generadas y la información disponible se diagramaron mapas para cada una de las categorías de uso de suelo, así como para el número de niveles de construcción en los predios y el tipo de revestimiento de la superficie de rodadura de las calles. Los mapas generados se presentan en la sección de apéndices, en la tabla a continuación se detalla el contenido de cada uno de ellos (ver apéndice 9).

Tabla XXXII. Índice de mapas

No.	Contenido
1	Clasificación de uso de suelo sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa: Categoría Residencial.
2	Clasificación de uso de suelo sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa: Categoría Comercio.
3	Clasificación de uso de suelo sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa: Categoría Protección Espacial.
4	Clasificación de uso de suelo sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa: Categoría Especial Urbano.
5	Número de niveles de construcción en los sectores 1,2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa.
6	Tipo de superficie de rodadura en calles urbanas de los sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se diseñaron 4 781,43 m de red de distribución para el sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos, El Cerro y Callejón Galiz, tomando en cuenta las condiciones del sitio. Beneficiando a más de 6 055 habitantes de ambos caseríos.
2. Se revisó la capacidad actual con la que cuentan las obras principales del sistema actual, encontrándose que la línea de conducción y el tanque de distribución son capaces de suplir las necesidades para el proyecto, de acuerdo con la demanda futura proyectada, debiendo brindárseles el mantenimiento adecuado.
3. Se generaron capas vectoriales en cuyas tablas de atributos contienen información sobre el uso de suelo en los predios de los sectores bajo estudio, y para las calles, incluyendo información sobre la superficie de rodadura. Dicha información será integrada a las bases de datos catastrales, colaborando con el mantenimiento y actualización del catastro municipal.
4. En los predios que se encuentran en el área estudiada el uso predominante es el residencial de baja densidad con un 56,52 % del área total, mientras que para las áreas de barrancos y riveras de río representan un 26,04 %. Por otra parte, se encuentran los usos comerciales con un 10,14 % de los cuales un 4,07 % del área se encuentra destinada al comercio puro y el resto en usos mixtos, concentrándose el comercio puro en torno al eje vial principal de los

sectores. Un 0,92 % corresponde a talleres no perturbadores e instalaciones públicas de pequeñas dimensiones. El 6,38 % restante se encuentra ocupado por usos especiales (educación, religioso e instalaciones públicas grandes).

RECOMENDACIONES

1. Continuar velando por la calidad del agua suministrada a los caseríos, aplicando los programas de muestreo adecuados, manteniendo bajo vigilancia constante el sistema de desinfección y los niveles de cloro residual libre, e implementando un sistema de pretratamiento para disminuir las concentraciones de sustancias que se encuentran arriba de los límites máximos aceptables (manganeso y dureza total), por medios físicos o químicos.
2. Velar por el correcto mantenimiento de los componentes del sistema para su óptimo funcionamiento durante la vida útil del proyecto, de acuerdo con las características particulares de cada uno.
3. Actualizar los precios en el presupuesto del proyecto al momento de su evaluación, debido a las existen variaciones debidas a la economía nacional, las cuales inciden directamente en la integración de costos.
4. Los productos de información geográfica generados deben ser actualizados periódicamente, ya que la información generada corresponde a su estado al momento de su adquisición.
5. Continuar fortaleciendo los procesos orientados a la formulación de políticas y regulaciones territoriales que permitan el desarrollo integral del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Guatemalteca de Normas. *Agua para consumo humano (agua potable) especificaciones*. Guatemala: 2013. 12 p.
2. Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2019. 167 p.
3. Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 12-2002: Código Municipal*. Guatemala: 2002. 13 p.
4. Consejo Municipal de Desarrollo de San Miguel Petapa y SEGEPLAN. *Plan de Desarrollo San Miguel Petapa, Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT, 2010. 100 p.
5. GONZÁLEZ, Rosa. *Conflicto social y traslados del pueblo de San Miguel Petapa, 1762-1855*. Trabajo de graduación de Licenciatura en Historia. Escuela de Historia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 188 p.
6. Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: 2011. 63 p.

7. Instituto Nacional de Estadística. *Resultados del Censo 2018*. [en línea]. <<https://www.censopoblacion.gt/explorador>>. [Consulta: 10 julio 2020].
8. _____. *XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda*. Guatemala: 2003. 271 p.
9. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 2018. *Normales Climáticas*. [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/normas-climaticas/>>. [Consulta: 14 junio 2019]
10. Ministerio de Educación. *Búsqueda de establecimientos*. [en línea]. <http://www.mineduc.gob.gt/BUSCAESTABLECIMIENTO_GE/>. [Consulta: 15 junio 2019].
11. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Artículo 10, Numeral 2. Dirección y Teléfonos (Ley de acceso a la información pública): Departamento de Guatemala*. [en línea]. <<https://www.mspas.gob.gt/index.php/component/jdownloads/send/5-numeral-2-direccion-y-telefonos/13-guatemala>>. [Consulta: 14 de junio de 2019].
12. OLAYA, Víctor. *Sistemas de información geográfica*. [en línea]. <https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf>. 2014, 799 pp. [Consulta: 22 de noviembre de 2019].

13. PITTMAN, Roger. *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales, 1997. 166 p.
14. Organización Panamericana de la Salud. *La desinfección del agua. Autoridades locales, salud y ambiente*. 1999. 20 p.
15. RAMOS, Noé. *Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: Matriz de Leopold y método Mel-Enel*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 116 p.
16. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública*. Guatemala: 2013. 64 p.
17. _____. *Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Guatemala: 2011. 120 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Cálculos hidráulicos para ramales abiertos**

Fuente: elaboración propia.

CÁLCULO HIDRÁULICO RAMALES ABIERTOS

No.	DE	A	DIST (m)	Δh	Q (L/s)	DIÁMETRO TEÓRICO		TUBERÍA PROPUESTA			D. INTERNO (mm)	hf	CP Inicial	CP Final	Presión Dinámica	Presión	Presión Estática	Velocidad
T-1	TANQUE	1	20,208	4,128	33,53	158	92,46	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	0,33	500,002	499,676	0,0	1,3	1,63	1,92
T-2	1	21	39,817	4,431	33,53	158	104,74	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	0,65	499,676	499,031	1,3	5,1	6,05	1,92
T-2	21	2	7,044	0,857	32,73	157	101,90	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	0,11	499,031	498,922	5,1	5,8	6,9	1,88
T-3	21	3	17,193	3,090	0,8	24	22,97	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,794	499,031	498,246	5,1	7,4	9,13	1,10
T-4	3	4	20,391	3,434	0,8	24	23,27	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,941	498,246	497,309	7,4	9,9	12,56	1,11
T-5	4	5	41,174	7,453	0,8	24	22,93	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	1,901	497,309	495,411	9,9	15,4	20	1,11
T-6	2	6	65,59	5,767	32,73	157	108,93	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	1,025	498,922	497,908	5,8	10,6	12,66	1,88
T-7	6	7	33,686	5,992	32,25	155	93,73	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	0,512	497,908	497,395	10,6	16,0	18,64	1,85
T-8	7	33	44,414	6,869	31,68	154	95,81	160 PSI D=6	6	160 psi	155,32	0,653	497,395	496,744	16,0	22,2	25,49	1,82
T-9	33	8	23,596	3,876	14,19	103	69,75	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,516	496,744	496,229	22,2	25,6	29,36	1,95
T-10	8	9	49,175	7,257	14,19	103	71,30	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	1,076	496,229	495,159	25,6	31,8	36,61	1,95
T-40	11	140	26,575	2,729	0,45	18	20,71	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,423	492,313	491,905	43,8	46,1	54,2	0,62
T-41	36	37	26,103	9,948	0,45	18	15,82	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,416	493,836	493,409	46,3	55,8	62,35	0,62
T-42	40	41	20,391	2,683	0,49	19	20,32	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,38	489,068	488,696	56,8	59,2	70,43	0,67
T-43	13	51	59,963	2,169	1,6	35	41,53	160 PSI D=1 1/2	1 1/2	160 psi	44,56	1,54	487,802	486,3	45,2	41,6	57,39	1,02
T-44	51	52	27,267	8,397	0,4	17	15,80	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,349	486,3	485,945	41,6	49,6	63,6	0,55
T-45	51	53	38,287	3,424	1,2	30	30,92	160 PSI D=1 1/2	1 1/2	160 psi	44,56	0,578	486,3	485,735	41,6	44,4	58,64	0,77
T-46	55	57	50,343	13,107	0,82	25	21,48	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	2,433	477,188	474,716	49,5	33,9	72,22	0,53
T-47	53	54	49,836	13,817	1,2	30	24,51	160 PSI D=1 1/2	1 1/2	160 psi	44,56	0,752	485,735	484,976	44,4	57,4	72,43	0,77
T-48	17	143	17,758	10,453	1,02	28	19,74	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	1,285	454,781	456,12	29,2	37,3	54,75	1,41
T-49	18	17	27,216	3,119	1,68	35	33,39	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	1,479	456,12	457,618	37,3	45,6	61,55	1,41
T-50	19	18	11,276	0,991	1,68	35	35,26	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,613	457,618	458,222	45,6	47,2	62,54	1,41
T-51	20	19	10,799	0,013	1,68	35	85,10	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,587	458,222	458,799	47,2	47,8	62,55	1,41
T-52	22	20	20,414	3,538	1,68	35	30,67	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	1,109	458,799	459,905	47,8	45,3	62,55	1,41
T-53	23	22	27,668	0,972	1,68	35	42,57	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	1,503	459,905	461,384	45,3	47,8	59,99	1,41
T-54	17	50	24,282	2,222	0,66	22	24,52	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,785	455,334	456,12	42,4	37,3	60,65	0,91
T-55	50	49	16,369	3,039	0,66	22	21,21	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,529	454,81	455,334	38,9	42,4	60,65	0,91
T-56	49	144	36,865	6,566	0,66	22	21,39	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	1,192	453,632	454,81	31,1	38,9	57,62	0,91
T-57	CRP-1	32	12,931	5,039	17,49	114	63,24	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,416	473,615	473,175	0,0	4,6	5,03	2,00
T-57.1	33	CRP-1	8,28	0,841	17,49	114	83,35	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,267	496,744	496,48	22,2	22,8	26,33	2,00
T-58	32	31	27,766	7,616	17,49	114	67,97	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,894	473,175	472,262	4,6	11,3	12,63	2,00
T-59	31	30	14,958	3,576	17,49	114	69,91	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,482	472,262	471,774	11,3	14,4	16,2	2,00
T-60	30	29	29,194	3,808	16,89	112	78,13	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,881	471,774	470,899	14,4	17,3	20	1,93
T-61	29	28	11,739	1,895	16,44	111	74,02	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,337	470,899	470,562	17,3	18,8	21,89	1,88
T-62	28	27	22,757	3,457	16,16	110	74,47	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,633	470,562	469,932	18,8	21,7	25,34	1,85
T-63	27	26	31,551	5,575	15,81	109	71,59	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	0,843	469,932	469,088	21,7	26,4	30,9	1,81
T-65	25	24	41,263	12,693	15,81	109	63,89	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	3,756	465,735	461,858	36,8	45,6	57,32	2,99
T-66	24	23	6,474	2,672	13,58	101	56,77	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	0,445	461,858	461,384	45,6	47,8	59,99	2,57
T-67	23	75	4,928	1,549	11,9	94	57,10	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	0,265	461,384	461,11	47,8	49,1	61,53	2,25
T-68	75	76	27,264	6,349	11,9	94	60,73	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	1,467	461,11	459,624	49,1	53,9	67,87	2,25
T-69	76	77	24,944	5,622	11,9	94	61,14	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	1,342	459,624	458,268	53,9	58,2	73,48	2,25
T-70	77	142	13,042	0,015	0,53	20	55,42	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,281	458,268	457,995	58,2	57,9	73,48	0,73
T-71	142	141	21,486	0,000	0,53	20	#¡DIV/O!	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,463	457,995	457,546	57,9	57,4	73,47	0,73
T-72	77	78	25,581	0,004	11,37	92	267,54	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	1,265	458,268	457,02	58,2	56,9	73,49	2,15
T-73	78	79	43,002	3,342	11,37	92	74,77	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	2,127	457,02	454,916	56,9	58,2	76,82	2,15
T-74	79	80	14,489	1,502	11,37	92	70,47	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	0,717	454,916	454,206	58,2	56,0	76,82	2,15
T-75	80	81	12,913	0,841	11,37	92	77,53	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	0,639	454,206	453,574	56,0	54,5	75,32	2,15
T-76	81	82	31,458	1,738	11,37	92	80,20	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	1,556	453,574	452,038	54,5	54,7	76,22	2,15
T-77	82	135	21,494	1,192	11,37	92	80,13	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	1,063	452,038	450,988	54,7	54,8	77,41	2,15
T-78	135	83	8,91	0,220	10,88	90	93,05	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	0,406	450,988	450,587	54,8	54,6	77,63	2,06
T-79	83	84	47,373	1,043	10,88	90	95,27	160 PSI D=3	3	160 psi	82,04	2,16	450,587	448,457	54,6	53,6	78,67	2,06
T-80	84	101	38,563	7,389	2,09	40	32,64	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,547	448,457	447,911	53,6	45,6	78,67	0,86
T-81	101	105	32,452	5,695	1,37	32	28,31	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,211	447,911	447,703	45,6	39,8	71,29	0,56
T-82	105	107	49,4	8,690	1,02	28	25,30	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,186	447,703	447,518	39,8	30,9	65,61	0,42

CÁLCULO HIDRÁULICO RAMALES ABIERTOS

T-83	107	108	30,337	7,141	1,02	28	23,83	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,114	447,518	447,403	30,9	23,7	56,94	0,42
T-84	108	109	25,857	12,221	1,02	28	20,65	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,097	447,403	447,297	23,7	11,4	49,81	0,42
T-85	105	106	32,184	7,491	0,35	16	15,91	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,322	447,703	447,388	39,8	32,0	65,61	0,48
T-86	101	102	15,024	0,152	0,72	23	39,84	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,571	447,911	447,355	45,6	44,9	71,29	0,99
T-87	102	103	26,578	2,306	0,72	23	25,62	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	1,01	447,355	446,366	44,9	41,7	71,14	0,99
T-88	103	104	22,212	2,099	0,72	23	25,18	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,844	446,366	445,539	41,7	42,9	70,93	0,99
T-89	135	136	10,466	2,648	0,49	19	17,77	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,195	450,988	450,792	54,8	57,3	80,05	0,67
T-90	136	137	61,782	11,382	0,49	19	18,97	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	1,152	450,792	449,654	57,3	44,8	80,05	0,67
T-108	92	99	88,01	0,480	0,89	26	49,02	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	1,476	440,01	438,548	57,1	55,1	90,59	0,75
T-109	99	100	115,894	0,116	0,89	26	69,43	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	1,944	438,548	436,622	55,1	53,1	90,11	0,75
T-110	90	130	11,453	0,231	1,54	34	46,15	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,53	439,069	438,55	55,3	55,0	90,03	1,29
T-111	130	131	33,475	1,391	0,45	18	24,93	250 PSI D=3/4	3/4	250 psi	23,53	1,844	438,55	436,765	55,0	51,9	90,03	1,03
T-112	130	132	31,486	0,681	1,09	29	39,90	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,768	438,55	437,795	55,0	53,6	90,03	0,92
T-113	132	133	21,712	2,164	0,49	19	21,52	250 PSI D=3/4	3/4	250 psi	23,53	1,4	437,795	436,419	53,6	50,1	89,35	1,13
T-114	132	134	5,144	0,199	0,6	21	28,22	250 PSI D=3/4	3/4	250 psi	23,53	0,482	437,795	437,322	53,6	52,9	89,35	1,38
T-115	89	110	34,493	4,187	0,66	22	23,14	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,333	440,235	439,903	54,1	49,6	87,37	0,56
T-116	110	111	29,388	5,471	0,66	22	21,19	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,284	439,903	439,618	49,6	43,8	83,2	0,56
T-117	111	112	13,688	1,754	0,66	22	22,88	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,132	439,618	439,486	43,8	41,9	77,74	0,56
T-118	115	113	40,405	2,858	2,81	46	44,82	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,991	439,305	438,327	54,7	50,9	88,96	1,15
T-119	113	114	7,233	0,985	2,81	46	39,18	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,177	438,327	438,151	50,9	49,7	86,11	1,15
T-120	114	116	27,099	2,305	2,81	46	43,16	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,665	438,151	437,494	49,7	46,8	85,13	1,15
T-121	116	117	33,148	2,487	2,81	46	44,29	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	0,813	437,494	436,691	46,8	48,5	85,31	1,15
T-122	117	118	46,651	0,887	2,81	46	58,70	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	1,145	436,691	435,565	48,5	48,2	86,19	1,15
T-123	118	119	90,235	0,672	2,81	46	71,16	160 PSI D=2	2	160 psi	55,71	2,214	435,565	433,386	48,2	46,7	86,86	1,15
T-124	119	120	10,093	1,575	1,37	32	29,00	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	0,243	433,386	433,145	46,7	48,1	88,44	0,96
T-125	120	121	26,068	2,495	1,37	32	32,06	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	0,627	433,145	432,527	48,1	49,9	90,93	0,96
T-126	121	122	16,358	0,307	1,37	32	44,80	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	0,393	432,527	432,141	49,9	49,2	90,93	0,96
T-127	122	123	36,465	1,615	1,37	32	37,56	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	0,877	432,141	431,279	49,2	46,8	90,62	0,96
T-128	123	124	57,611	2,281	1,37	32	38,44	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	1,385	431,279	429,919	46,8	47,7	91,28	0,96
T-129	124	125	42,166	0,652	1,37	32	46,62	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	1,014	429,919	428,923	47,7	46,0	91,28	0,96
T-130	125	126	43,439	0,866	1,37	32	44,25	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	1,045	428,923	427,898	46,0	45,9	91,5	0,96
T-131	126	127	45,617	0,351	1,37	32	53,81	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	1,097	427,898	426,821	45,9	44,5	91,5	0,96
T-132	127	128	103,677	1,242	1,37	32	49,13	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	2,493	426,821	424,374	44,5	40,8	91,15	0,96
T-133	128	129	108,444	1,875	1,37	32	45,56	250 PSI D=1 1/2	1 1/2	250 psi	42,58	2,608	424,374	421,815	40,8	40,1	91,78	0,96
T-134	30	68	25,444	9,226	0,6	21	17,83	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,69	471,774	471,06	14,4	22,9	25,41	0,83
T-135	68	69	17,906	1,920	0,6	21	22,89	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,485	471,06	470,586	22,9	24,3	27,32	0,83
T-136	69	70	15,749	0,250	0,6	21	33,89	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,427	470,586	470,17	24,3	24,1	27,57	0,83
T-137	70	71	6,87	3,012	0,6	21	17,14	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,186	470,17	469,973	24,1	20,9	27,57	0,83
T-138	29	72	35,209	11,836	0,45	18	16,23	160 PSI D=1	1	160 psi	30,36	0,561	470,899	470,33	17,3	28,5	31,81	0,62
T-139	28	73	31,146	10,352	0,28	14	13,59	250 PSI D=3/4	3/4	250 psi	23,53	0,713	470,562	469,814	18,8	28,4	32,22	0,65
T-140	27	74	24,842	8,193	0,35	16	14,81	250 PSI D=3/4	3/4	250 psi	23,53	0,86	469,932	469,063	21,7	29,0	33,52	0,80
T-142	58	59	8,703	1,715	1,02	28	24,71	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,188	417,153	416,965	2,6	4,2	4,5	1,18
T-143	59	60	19,148	4,214	1,02	28	24,16	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,413	416,965	416,55	4,2	7,9	8,68	1,18
T-144	60	61	21,577	4,611	1,02	28	24,31	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,466	416,55	416,082	7,9	12,1	13,28	1,18
T-145	61	62	9,3	1,973	1,02	28	24,34	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,201	416,082	415,881	12,1	13,8	15,25	1,73
T-146	62	63	10,998	1,931	1,02	28	25,31	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,237	415,881	415,644	13,8	15,5	17,18	1,73
T-147	63	64	15,535	3,171	1,02	28	24,54	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,335	415,644	415,309	15,5	18,3	20,34	1,73
T-148	64	65	20,079	4,266	1,02	28	24,34	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,433	415,309	414,874	18,3	22,2	24,6	1,73
T-149	65	66	13,224	3,703	1,02	28	22,99	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,285	414,874	414,583	22,2	25,6	28,3	1,73
T-150	66	67	12,922	2,185	1,02	28	25,50	160 PSI D=1 1/4	1 1/4	160 psi	38,92	0,279	414,583	414,305	25,6	27,5	30,48	1,73
T-151	26	34	78,594	10,584	15,81	109	75,70	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	2,1	469,088	467,001	26,4	34,9	41,47	1,81
T-152	34	25	47,989	3,195	15,81	109	87,48	160 PSI D=4	4	160 psi	105,52	1,282	467,001	465,735	34,9	36,8	44,65	2,99
T-153	48	CRP-2	1,679	0,236	1,02	28	26,49	160 PSI D=1 1/2	1 1/2	160 psi	44,56	0,019	475,686	475,668	58,0	58,2	82,52	1,18
T-154	CRP-2	58	15,08	2,770	1,02	28	25,07	250 PSI D=2 1/2	2 1/2	250 psi	64,45	0,028	417,32	417,153	0,0	2,6	2,76	1,18

Apéndice 2. **Cálculos hidráulicos para circuitos cerrados (Método de Cross)**

Fuente: elaboración propia.

CÁLCULO HIDRÁULICO CIRCUITOS CERRADOS

Circuito	Tramo			Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Q (L/s)	Δh (m)	Diámetro teórico		Diámetro propuesto	h _f (m.c.a.)	h _f /Q	Δ	Correcciones circuito compartido	Q ₁ (L/S)	h _f (m.c.a.)	h _f /Q	Δ	Correcciones circuito compartido	Q ₂ (L/S)	h _f (m.c.a.)	h _f /Q	Δ	Correcciones circuito compartido	Q ₃ (L/S)	CP Inicial	CP Final	Presión Dinámica Inicial	Presión Dinámica Final	Presión Estática Máxima	Diámetro Comercial	Clase tubería	
	No.	De	A						V	Pérdidas																								
1	T-11	9	10	463,323	454,584	72,995	6,72	8,739	71	56	82,04	1,3646	0,2031	0,9019	0	7,62	1,7227	0,2260	0,1075	0,0000	7,73	1,7679	0,2287	0,0082	0,0000	7,74	495,159	496,882	32	42	45	3	160 psi	
1	T-12	10	11	454,584	448,417	44,85	6,72	6,167	71	54	82,04	0,8385	0,1248	0,9019	0	7,62	1,0584	0,1389	0,1075	0,0000	7,73	1,0862	0,1405	0,0082	0,0000	7,74	496,882	495,793	42	47	51	3	160 psi	
1	T-13	11	12	448,417	442,228	99,223	5,41	6,189	64	59	67,45	3,2232	0,5958	0,9019	0	6,31	4,2871	0,6792	0,1075	0,0000	6,42	4,4232	0,6890	0,0082	0,0000	6,43	495,793	491,358	47	49	58	2 1/2	160 psi	
1	T-14	12	13	442,228	442,5	8,336	2,07	0,272	39	47	55,71	0,1162	0,0561	0,9019	-0,605806396	2,37	0,1488	0,0629	0,1075	-0,0410	2,43	0,1566	0,0644	0,0082	-0,0058	2,43	491,358	491,201	49	49	58	2	160 psi	
1	T-15	13	14	442,5	435,951	46,486	0,47	6,549	19	20	44,56	0,1238	0,2634	0,9019	-0,605806396	0,77	0,3057	0,3990	0,1075	-0,0410	0,83	0,3566	0,4283	0,0082	-0,0058	0,83	491,201	490,842	49	55	64	1 1/2	160 psi	
1	T-16	14	15	435,951	427,965	39,134	0,47	7,986	19	18	44,56	0,1042	0,2218	0,9019	-0,605806396	0,77	0,2573	0,3359	0,1075	-0,0410	0,83	0,3002	0,3605	0,0082	-0,0058	0,83	490,842	490,539	55	63	72	1 1/2	160 psi	
1	T-17	15	39	427,965	429,225	42,321	-3,42	1,26	51	58	55,71	-1,4935	0,4367	0,9019	0	-2,52	-0,8477	0,3366	0,1075	0,0000	-2,41	-0,7819	0,3244	0,0082	0,0000	-2,40	490,539	491,315	63	62	72	2	160 psi	
1	T-18	39	40	429,225	432,113	38,911	-4,19	2,888	56	52	55,71	-1,9993	0,4772	0,9019	0	-3,29	-1,2768	0,3883	0,1075	0,0000	-3,18	-1,2006	0,3775	0,0082	0,0000	-3,17	491,315	492,509	62	60	71	2	160 psi	
1	T-19	40	38	432,113	438,983	45,403	-4,68	6,87	59	47	55,71	-2,8625	0,6116	0,9019	0	-3,78	-1,9264	0,5099	0,1075	0,0000	-3,67	-1,8262	0,4975	0,0082	0,0000	-3,66	492,509	494,327	60	55	68	2	160 psi	
1	T-26	38	36	438,983	447,472	52,329	-5,46	8,489	64	49	55,71	-4,3878	0,8036	0,9019	0	-4,56	-3,1419	0,6893	0,1075	0,0000	-4,45	-3,0062	0,6755	0,0082	0,0000	-4,44	494,327	497,321	55	50	61	2	160 psi	
1	T-27	36	35	447,472	461,394	91,402	-6,47	13,922	70	53	82,04	-1,5930	0,2462	0,9019	0	-5,57	-1,2067	0,2167	0,1075	0,0000	-5,46	-1,1640	0,2132	0,0082	0,0000	-5,45	497,321	498,481	50	37	52	3	160 psi	
1	T-28	35	9	461,394	463,323	13,575	-6,47	1,929	70	53	82,04	-0,2366	0,0366	0,9019	0	-5,57	-0,1792	0,0322	0,1075	0,0000	-5,46	-0,1729	0,0317	0,0082	0,0000	-5,45	498,481	498,654	37	35	39	3	160 psi	
												-6,8022	4,0768				-0,7987	4,0150				-0,0610	4,0311											
2	T-29	12	42	442,228	441,139	11,997	2,87	1,089	46	43	55,71	0,3061	0,1067	0,6058	0	3,48	0,4362	0,1255	0,0410	0,0000	3,52	0,4458	0,1268	0,0058	0,0000	3,52	491,358	490,910	49	50	59	2	160 psi	
2	T-30	42	43	441,139	438,386	46,359	2,4	2,753	42	44	55,71	0,8496	0,3540	0,6058	0	3,01	1,2884	0,4286	0,0410	0,0000	3,05	1,3212	0,4336	0,0058	0,0000	3,05	490,910	489,584	50	51	61	2	160 psi	
2	T-31	43	44	438,386	426,966	54,528	1,87	11,42	37	31	44,56	1,8688	0,9993	0,6058	0	2,48	3,1407	1,2686	0,0410	0,0000	2,52	3,2377	1,2864	0,0058	0,0000	2,52	489,584	486,331	51	59	73	1 1/2	160 psi	
2	T-32	44	45	426,966	426,429	6,539	1,87	0,537	37	37	38,92	0,4332	0,2316	0,6058	0	2,48	0,7280	0,2941	0,0410	0,0000	2,52	0,7505	0,2982	0,0058	0,0000	2,52	486,331	485,577	59	59	73	1 1/4	160 psi	
2	T-33	45	46	426,429	426,005	11,056	0,84	0,424	25	32	38,92	0,1666	0,1984	0,6058	0	1,45	0,4550	0,3147	0,0410	0,0000	1,49	0,4792	0,3223	0,0058	0,0000	1,49	485,577	485,094	59	59	74	1 1/4	160 psi	
2	T-34	46	47	426,005	419,916	120,18	0,84	6,089	25	30	38,92	1,8114	2,1564	0,6058	0	1,45	4,9464	3,4212	0,0410	0,0000	1,49	5,2092	3,5036	0,0058	0,0000	1,49	485,094	479,844	59	60	80	1 1/4	160 psi	
2	T-35	47	48	419,916	417,556	25,285	0,07	2,36	7	10	30,36	0,0129	0,1840	0,6058	0	0,68	0,8543	1,2641	0,0410	0,0000	0,72	0,9527	1,3291	0,0058	0,0000	0,72	479,844	478,875	60	61	82	1	160 psi	
2	T-36	48	56	417,556	422,155	35,504	-0,95	4,599	27	26	30,36	-2,2524	2,3710	0,6058	0	-0,34	-0,3443	1,0003	0,0410	0,0000	-0,30	-0,2722	0,8980	0,0058	0,0000	-0,30	478,875	479,137	61	57	82	1	160 psi	
2	T-37	56	55	422,155	427,637	25,404	-1,48	5,482	33	28	30,36	-3,6599	2,4729	0,6058	0	-0,87	-1,3819	1,5807	0,0410	0,0000	-0,83	-1,2643	1,5174	0,0058	0,0000	-0,83	479,137	480,383	57	53	78	1	160 psi	
2	T-38	55	16	427,637	427,073	28,928	-2,79	0,564	46	58	30,36	-13,4670	4,8269	0,6058	0	-2,18	-8,5624	3,9201	0,0410	0,0000	-2,14	-8,2672	3,8575	0,0058	0,0000	-2,14	480,383	488,605	53	62	73	1	160 psi	
2	T-39	16	15	427,073	427,965	35,382	-3,06	0,892	48	57	44,56	-3,0158	0,9855	0,6058	0	-2,45	-2,0051	0,8170	0,0410	0,0000	-2,41	-1,9436	0,8054	0,0058	0,0000	-2,41	488,605	490,539	62	63	73	1 1/2	160 psi	
2	T-16	14	15	435,951	427,965	39,134	-0,47	7,986	19	18	44,56	-0,1042	0,2218	0,6058	-0,901892753	-0,77	-0,2573	0,3359	0,0410	-0,1075	-0,83	-0,3002	0,3605	0,0058	-0,0082	-0,83	490,842	491,144	55	63	72	1 1/2	160 psi	
2	T-15	13	14	442,5	435,951	46,486	-0,47	6,549	19	20	44,56	-0,1238	0,2634	0,6058	-0,901892753	-0,77	-0,3057	0,3990	0,0410	-0,1075	-0,83	-0,3566	0,4283	0,0058	-0,0082	-0,83	491,201	491,560	49	56	64	1 1/2	160 psi	
2	T-14	12	13	442,228	442,5	8,336	-2,07	0,272	39	47	55,71	-0,1162	0,0561	0,6058	-0,901892753	-2,37	-0,1488	0,0629	0,0410	-0,1075	-2,43	-0,1566	0,0644	0,0058	-0,0082	-2,43	491,358	491,515	49	49	58	2	160 psi	
												-17,2909	15,4280				-1,1563	15,2329				-0,1643	15,2315											
3	T-92	85	86	386,588	391,55	49,907	-3,21	4,962	49	44	55,71	-1,5664	0,4880	-0,1726	0	-3,38	-1,7257	0,5102	0,0211	0,0000	-3,36	-1,7059	0,5075	-0,0131	0,0000	-3,37	443,711	441,993	57	50	87	2	160 psi	
3	T-93	86	87	391,55	389,593	8,931	-3,21	1,957	49,0324	37,3797	55,71	-0,2803	0,0873	-0,1726	0	-3,38	-0,3088	0,0913	0,0211	0,0000	-3,36	-0,3053	0,0908	-0,0131	0,0000	-3,37	441,993	442,301	50	53	84	2	160 psi	
3	T-94	87	88	389,593	387,076	21,666	-2,96	2,517	47,0843	41,2903	55,71	-0,5853	0,1977	-0,1726	0	-3,13	-0,6500	0,2075	0,0211	0,0000	-3,11	-0,6419	0,2063	-0,0131	0,0000	-3,12	442,301	442,947	53	56	86	2	160 psi	
3	T-95	88	89	387,076	386,065	28,772	-2,96	1,011	47,0843	52,782	55,71	-0,7773	0,2626	-0,1726	0	-3,13	-0,8632	0,2755	0,0211	0,0000	-3,11	-0,8525	0,2740	-0,0131	0,0000	-3,12	442,947	443,806	56	58	87	2	160 psi	
3	T-96	89	96	386,065	385,038	51,734	1,51	1,027	33,6294	45,9582	44,56	1,1938	0,7906	-0,1726	-0,080018222	1,26	0,8508	0,6766	0,0211	0,0461	1,32	0,9368	0,7073	-0,0131	-0,0056	1,31	443,806	442,889	58	58	88	1 1/2	160 psi	
3	T-97	96	97	385,038	385,173	8,678	4,1	0,135	55,4144	70,6151	55,71	0,4283	0,1045	-0,1726	0	3,93	0,3956	0,1007	0,0211	0,0000	3,95	0,3995	0,1012	-0,0131	0,0000	3,94	442,889	442,492	58	57	88	2	160 psi	
3	T-98	97	98	385,173	385,327	7,958	4,1	0,154	55,4144	67,5198	55,71	0,3928	0,0958	-0,1726	0	3,93	0,3627	0,0924	0,0211	0,0000	3,95	0,3663	0,0928	-0,0131	0,0000	3,94	442,492	442,128	57	57	88	2	160 psi	
3	T-99	98	85	385,327	386,588	40,459	4,1	1,261	55,4144	61,2251	55,71	1,9969	0,4871	-0,1726	0	3,93	1,8442	0,4696	0,0211	0,0000	3,95	1,8625	0,4717	-0,0131	0,0000	3,94	442,128	440,276	57	54	88	2	160 psi	
												0,8026	2,5135				-0,0944	2,4238				0,0596	2,4515</											

Apéndice 3. Presupuesto proyecto de agua potable



Proyecto: Construcción sistema de abastecimiento de agua potable para caseríos El Cerro y Callejón Galiz, San Miguel Petapa



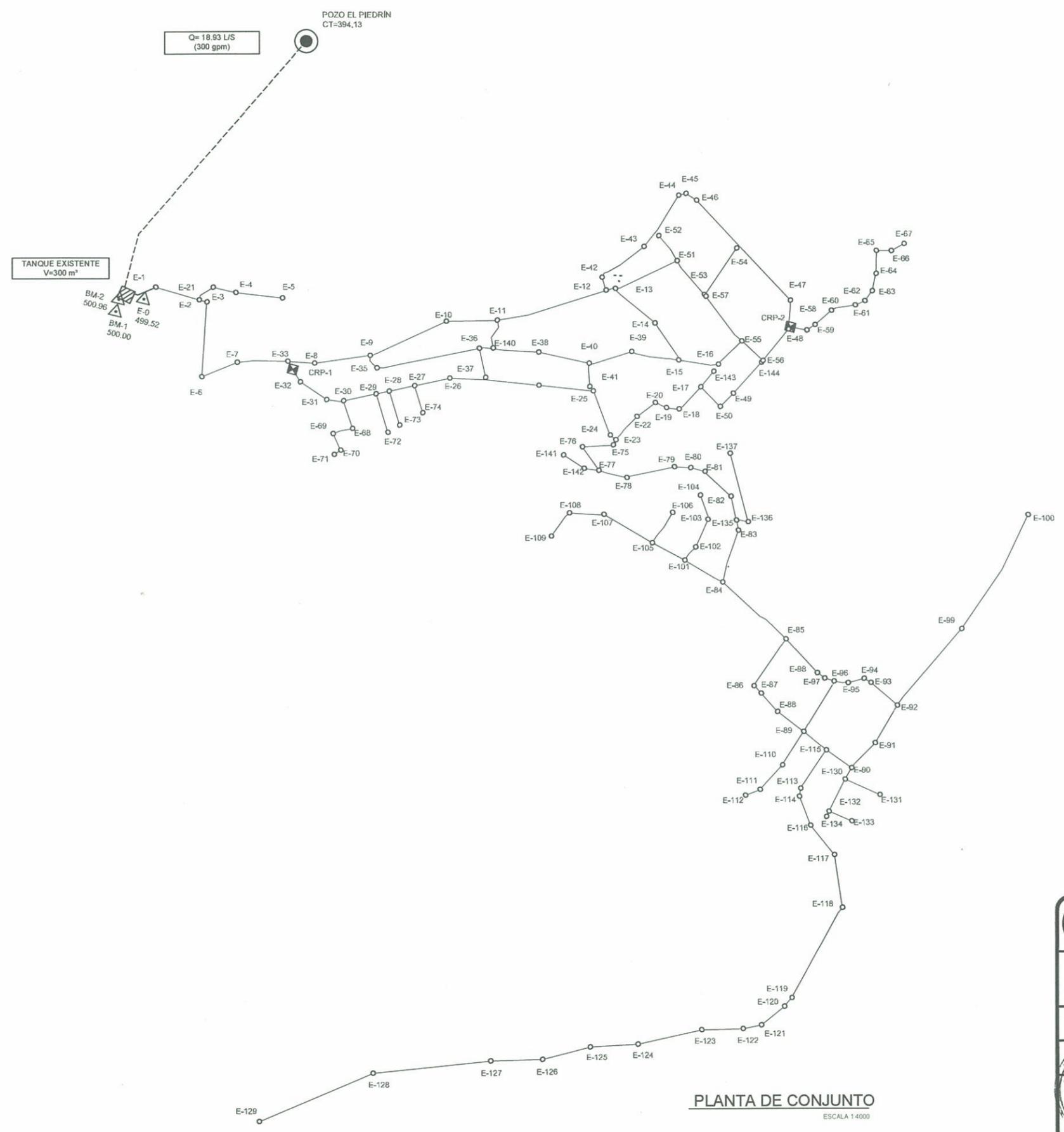
No.	RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	403.56	m ²		Q 68,464.60
1.1	Remozamiento e impermeabilización	403.56	m ²	Q169.65	Q 68,464.60
2	LINEA DE DISTRIBUCIÓN	4781.43	m		Q 1,118,947.53
2.1	Replanteo Topográfico	4.78	km	Q1,770.87	Q 8,467.30
2.2	Trazo	4781.43	m	Q14.73	Q 70,430.29
2.3	Instalación de Tubería	4781.43	m		Q 304,489.62
2.3.1	Tubería PVC Ø 3/4" 250 psi + accesorios	119.45	m	Q 17.51	Q 2,091.52
2.3.2	Tubería PVC Ø 1" 160 psi + accesorios	760.64	m	Q 12.48	Q 9,492.92
2.3.3	Tubería PVC Ø 1 1/4" 160 psi + accesorios	723.62	m	Q 15.31	Q 11,080.38
2.3.4	Tubería PVC Ø 1 1/2" 250 psi	490.30	m	Q 44.21	Q 21,673.87
2.3.5	Tubería PVC Ø 1 1/2" 160 psi + accesorios	465.22	m	Q 32.93	Q 15,317.60
2.3.6	Tubería PVC Ø 2" 160 psi + accesorios	932.00	m	Q 49.17	Q 45,830.61
2.3.7	Tubería PVC Ø 2 1/2" 160 psi + accesorios	174.58	m	Q 70.58	Q 12,322.10
2.3.8	Tubería PVC Ø 3" 160 psi + accesorios	539.41	m	Q 101.27	Q 54,626.29
2.3.9	Tubería PVC Ø 4" 160 psi + accesorios	363.78	m	Q 161.65	Q 58,804.07
2.3.10	Tubería PVC Ø 6" 160 psi + accesorios	212.43	m	Q 344.81	Q 73,250.25
2.4	Válvulas	21	U		Q 122,894.57
2.4.1	Válvula de compuerta Ø 6" con caja	1	U	Q 9,232.87	Q 9,232.87
2.4.2	Válvula de compuerta Ø 4" con caja	1	U	Q 5,330.23	Q 5,330.23
2.4.3	Válvula de compuerta Ø 3" con caja	3	U	Q 4,191.77	Q 12,575.31
2.4.4	Válvula de compuerta Ø 2 1/2" con caja	1	U	Q 4,290.98	Q 4,290.98
2.4.5	Válvula de compuerta Ø 2" con caja	12	U	Q 3,828.12	Q 45,937.38
2.4.6	Válvula de compuerta Ø 1 1/2" con caja	2	U	Q 3,667.83	Q 7,335.66
2.4.7	Válvula de compuerta Ø 1 1/4" con caja	1	U	Q 3,598.48	Q 3,598.48
2.4.8	Válvula de aire Ø 1/2" con caja	4	U	Q 3,807.02	Q 15,228.06
2.4.9	Válvula de limpieza con caja	5	U	Q 3,873.12	Q 19,365.60
2.5	Cajas rompedresión	2	U		Q 23,876.36
2.5.1	Caja rompedresion c/valvula flote (Ø4"-Ø4")	1	U	Q 13,568.28	Q 13,568.28
2.5.2	Caja rompedresion c/valvula flote (Ø2"-Ø2")	1	U	Q 10,308.08	Q 10,308.08
2.6	Anclajes	123	U	Q 54.73	Q 6,731.94
2.7	Excavación	1624.00	m³	Q 143.54	Q 233,102.56
2.8	Relleno	1604.80	m³	Q 217.44	Q 348,954.90
3	OBRAS Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS		m ²		Q 239,026.05
3.1	Remoción y reposición de pavimento rígido	374.56	m ²	Q 638.15	Q 239,026.05
4	CONEXIONES PREDIALES	3457.05	m		Q 1,159,530.65
	Acometida domiciliar Ø1/2"	835	m	Q 1,388.66	Q 1,159,530.65
TOTAL					Q 2,585,968.85

TOTAL EN LETRAS: DOS MILLONES QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS SESENTA Y OCHO QUETZALES CON OCHENTA Y CINCO CENTAVOS

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Planos proyecto de agua potable**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D.



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	FUENTE DE ABASTECIMIENTO
	NODO
	BANCO DE MARCA
N-X	NÚMERO DE NODO/ESTACIÓN

ESPECIFICACIONES

1. TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-2241
2. ACCESORIOS, NORMA ASTM D-2466

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</p>		
<p>CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO</p>	<p>ASESOR-SUPERVISOR: ING. MAYRA GARCÍA</p>	<p>FECHA: JULIO DE 2019</p>
<p>PLANTA DE CONJUNTO</p>		<p>ESCALA: INDICADA</p>
<p>ASESORA SUPERVISORA DE EPS UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ING. MAYRA GARCÍA</p>		<p>HOJA: 1 29</p>



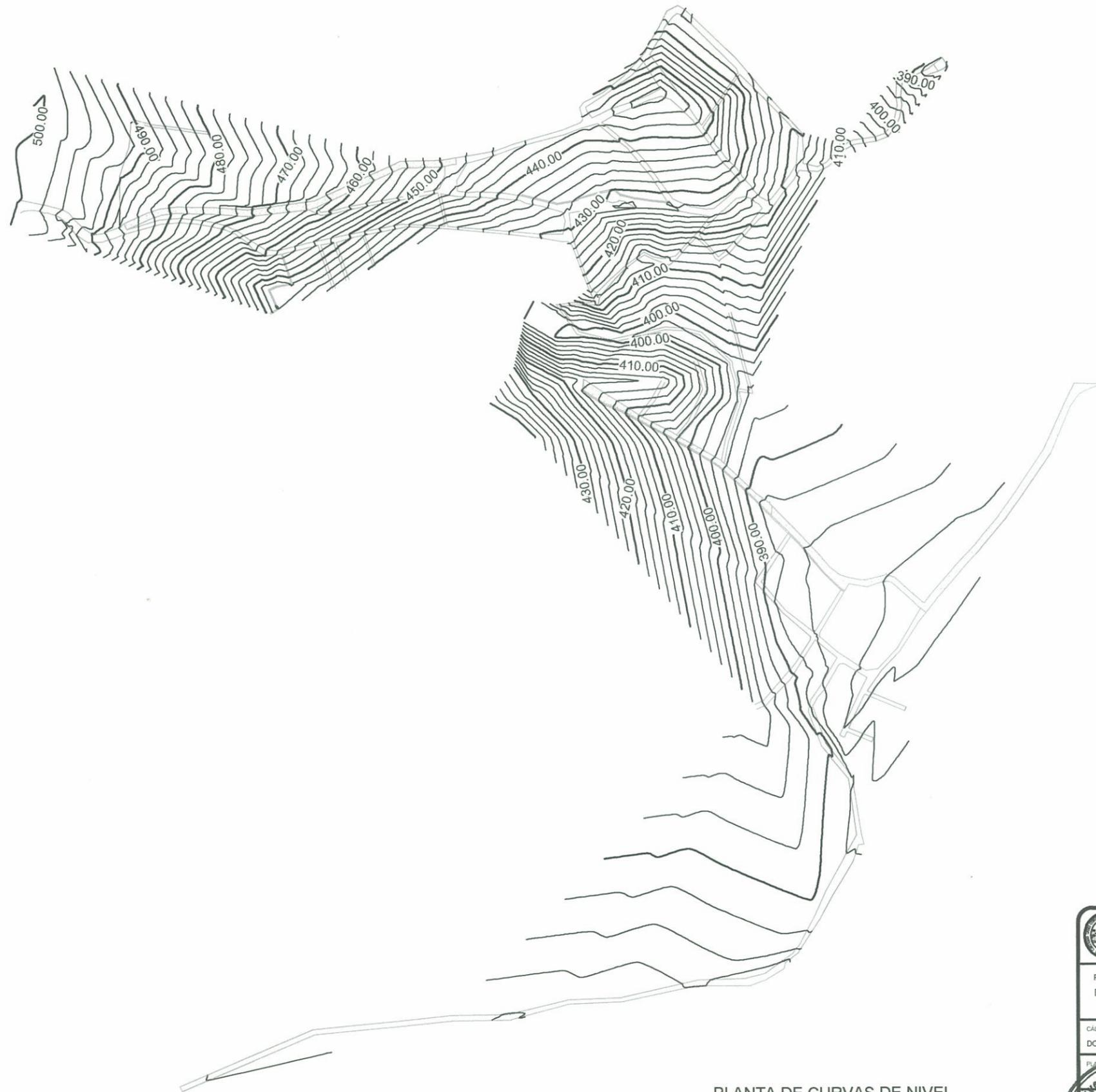
PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO
ESCALA 1:3250

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
N-X	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	CAJA ROMPE-PRESIÓN CON VÁLVULA DE FLOTE

ESPECIFICACIONES

1. TUBERÍA PVC, NORMA ASTM D-2241
2. ACCESORIOS, NORMA ASTM D-2466
3. VER PLANOS DE DETALLES DE OBRAS HIDRÁULICAS

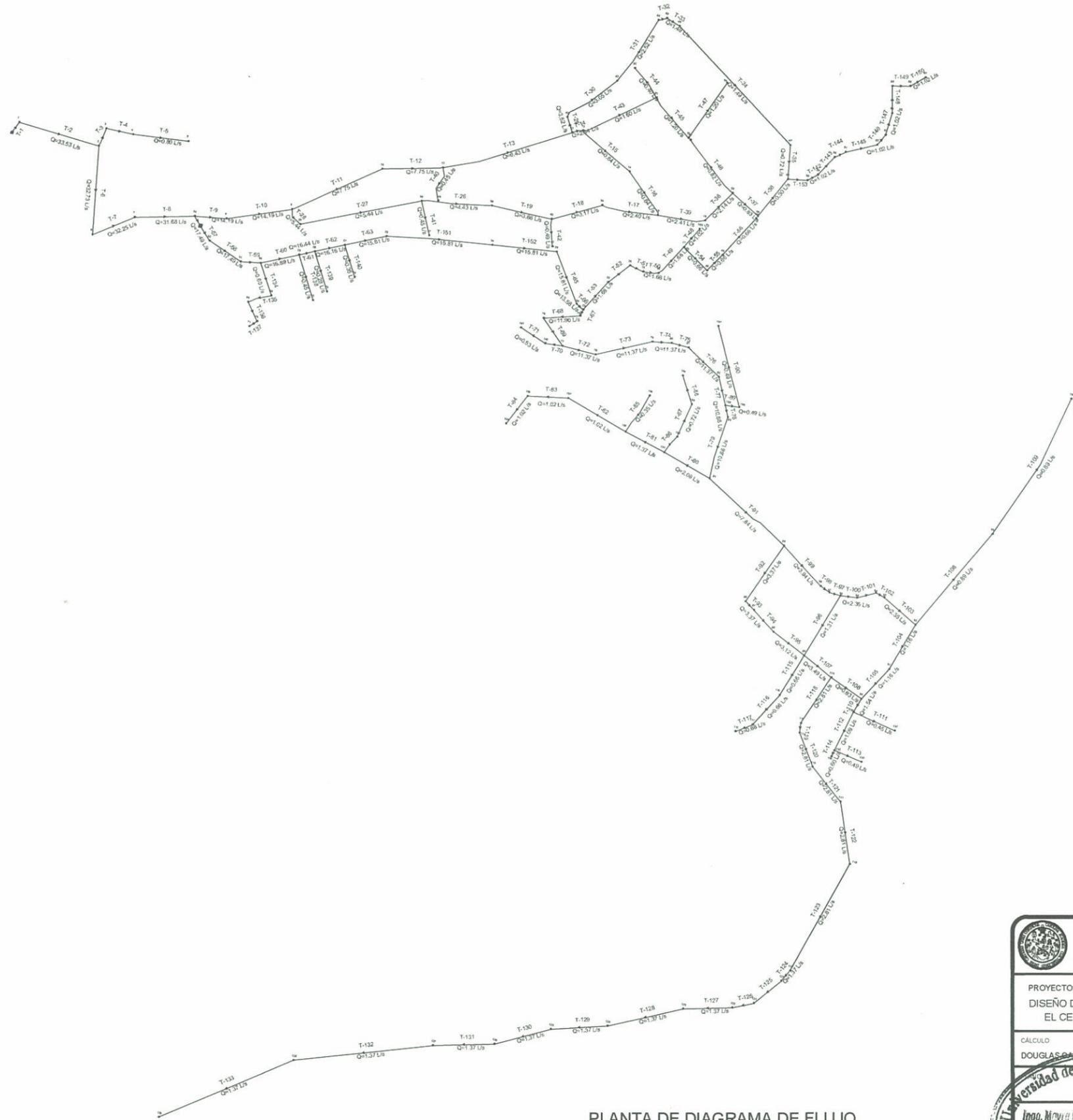
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CALCULO DONDO ASPI	ASESOR-SUPERVISOR INGENIERO MAYRA GARCÍA	FECHA JULIO DE 2019
PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Asesoría, Mantenimiento y EPS Inga Mayra Patricia... MAYRA GARCÍA		ESCALA INDICADA
DOUGLAS CASTILLO		HOJA: 2 29



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CURVA MAYOR (EQUIDISTANCIA 10 m)
	CURVA MENOR (EQUIDISTANCIA 2 m)
	CALLE PAVIMENTADA
	CALLE

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
ESCALA 1:3500

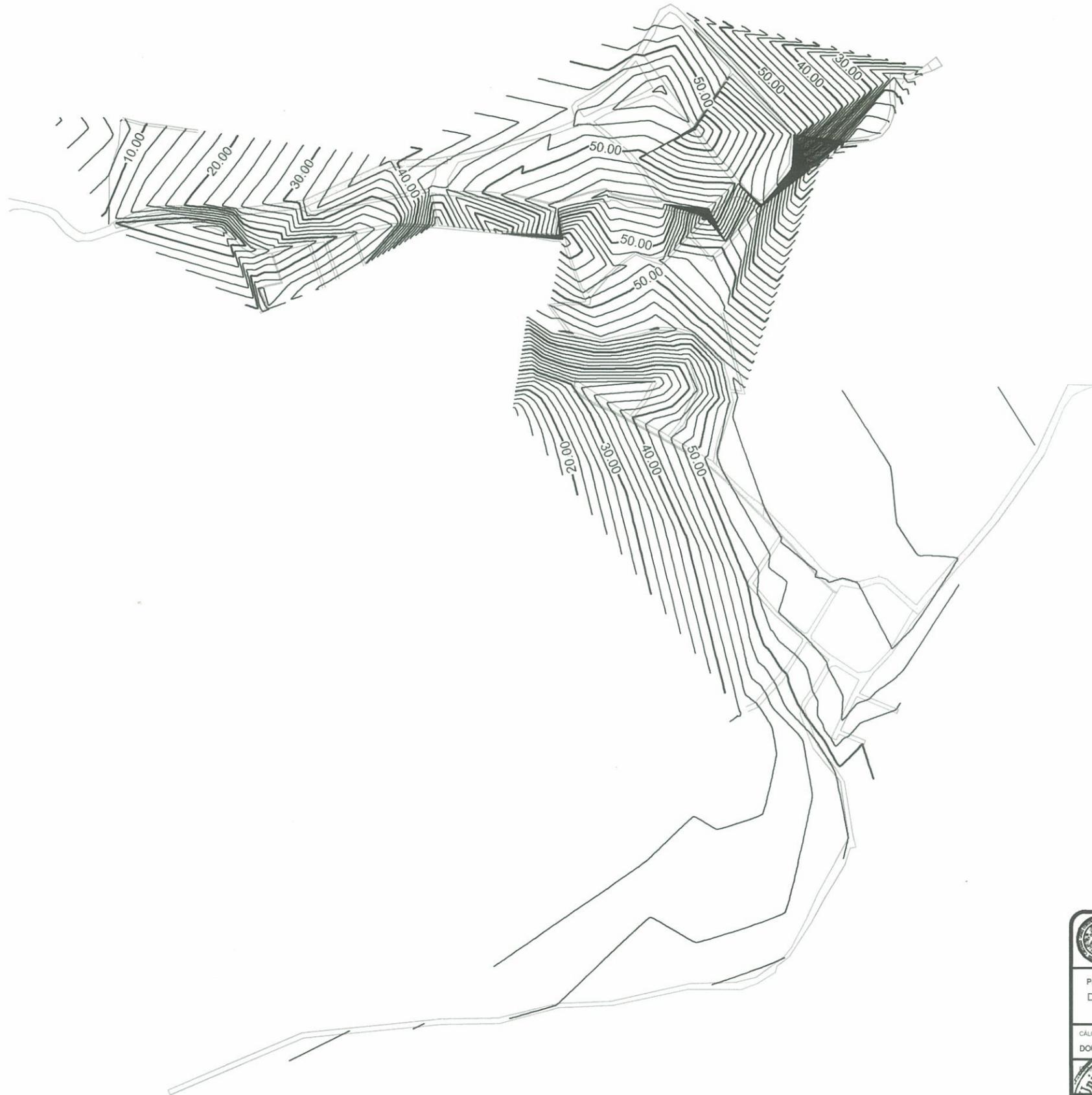
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA			
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ	ASESOR SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019	
PLANTA DE CURVAS DE NIVEL		ESCALA: INDICADA	
 ASesor Unidad de Ingeniería y GIS		 DOUGLAS CASTILLO	
		HOJA: 4 / 29	



PLANTA DE DIAGRAMA DE FLUJO
 ESCALA 1:3500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
●	NODO
—	TUBERÍA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
T-X	TRAMO DE TUBERÍA
Q=	CAUDAL EN L/S
➤	DIRECCIÓN DE FLUJO

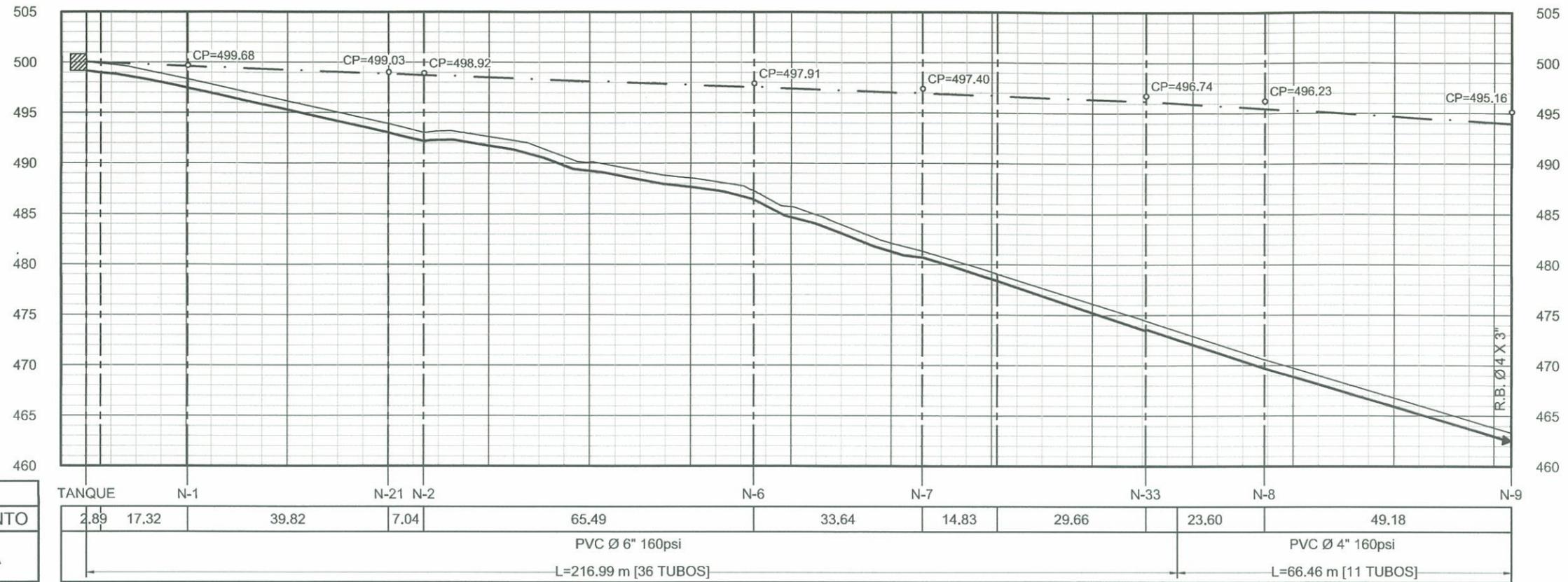
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CALCULO: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA DE DIAGRAMA DE FLUJO		ESCALA: INDICADA
<p>Inga. Mayra García ASESOR SUPERVISOR DE PROYECTOS Unidad Ejecutiva de Ingeniería y Edificación VOB. INGA. MAYRA GARCÍA</p>		<p>DOUGLAS CASTILLO</p>
		HOJA: 5 29



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CURVA MAYOR (EQUIDISTANCIA 10 m.c.a.)
	CURVA MENOR (EQUIDISTANCIA 2 m.c.a.)
	CALLE PAVIMENTADA
	CALLE

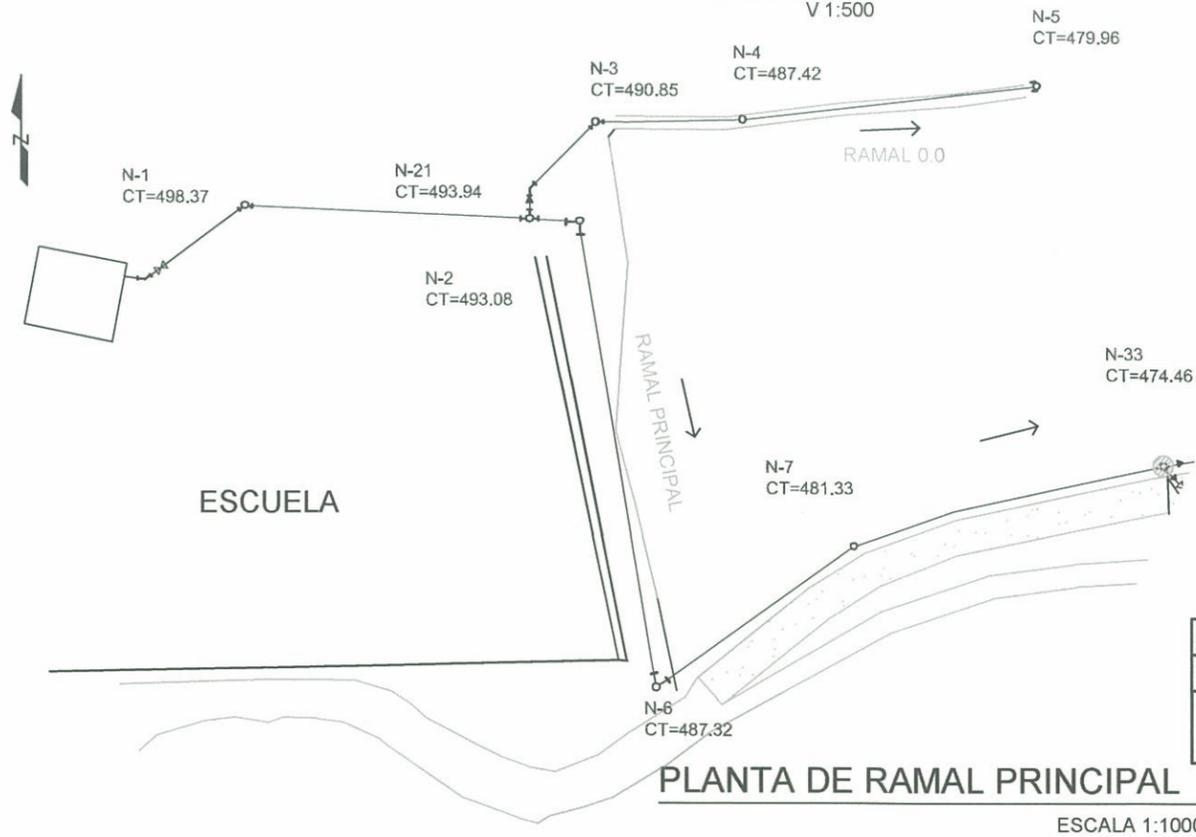
PLANTA DE CURVAS ISOBARAS
ESCALA 1:3500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA			
CALCULO DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR ING. MAYRA GARCÍA	FECHA JULIO DE 2019	
PLANTA DE CURVAS ISOBARAS		ESCALA: INDICADA	
ASESORA - SUPERVISORA DE EJERC. Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería y E.I.T. INGA MAYRA GARCÍA		 DOUGLAS CASTILLO	
		HOJA: 6 / 29	



PERFIL DE RAMAL PRINCIPAL

ESCALA H 1:1000
V 1:500

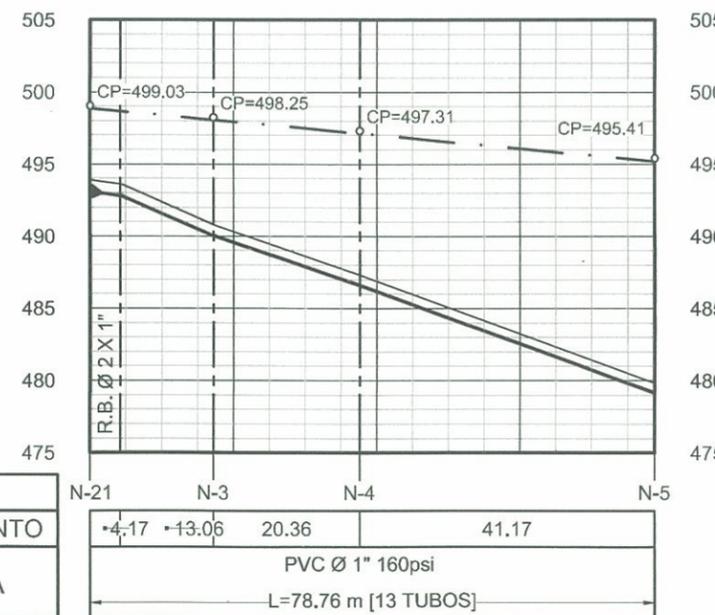


PLANTA DE RAMAL PRINCIPAL

ESCALA 1:1000

NODO	N-21		N-3	N-4	N-5
DH SEGMENTO	4.17	13.06	20.36	41.17	
TUBERÍA	PVC Ø 1" 160psi				
	L=78.76 m [13 TUBOS]				

PERFIL DE RAMAL 0.0



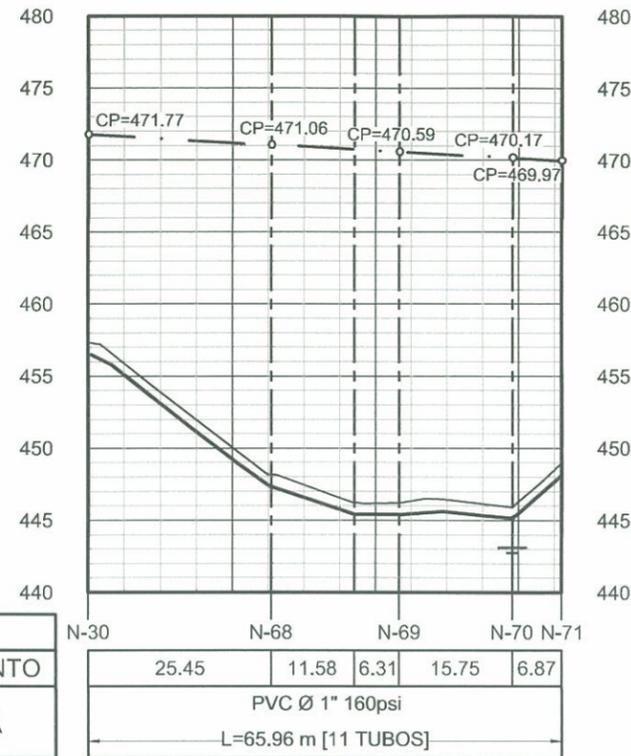
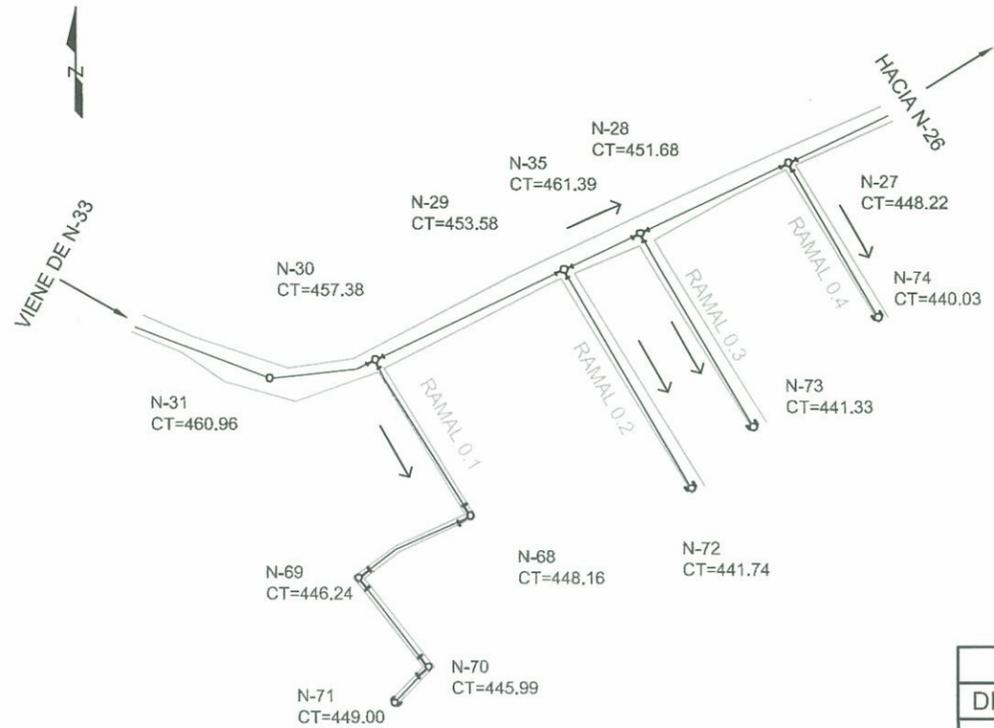
SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPON HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VALVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VALVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VALVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

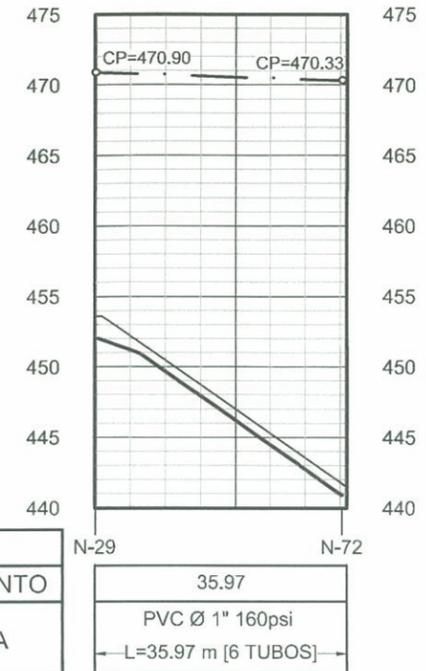
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: ING. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA: PLANTA - PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA

HOJA: 7 / 29



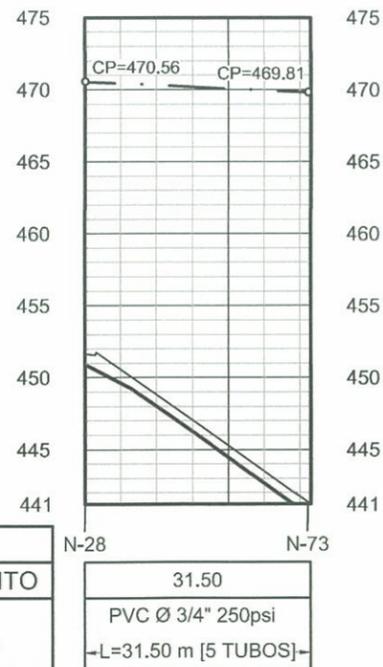
PERFIL DE RAMAL 0.1

ESCALA H 1:1000
V 1:500



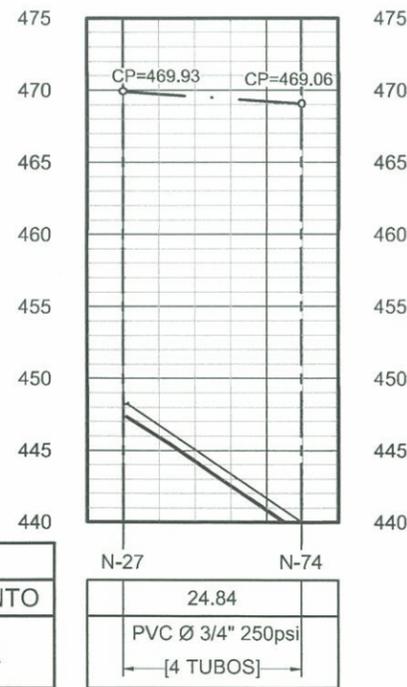
PERFIL DE RAMAL 0.2

ESCALA H 1:1000
V 1:500



PERFIL DE RAMAL 0.3

ESCALA H 1:1000
V 1:500

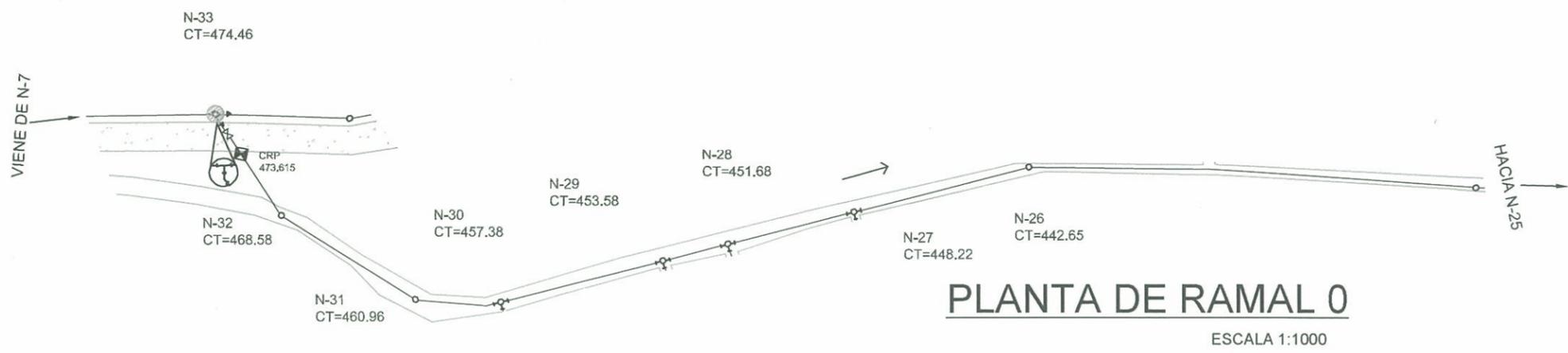


PERFIL DE RAMAL 0.4

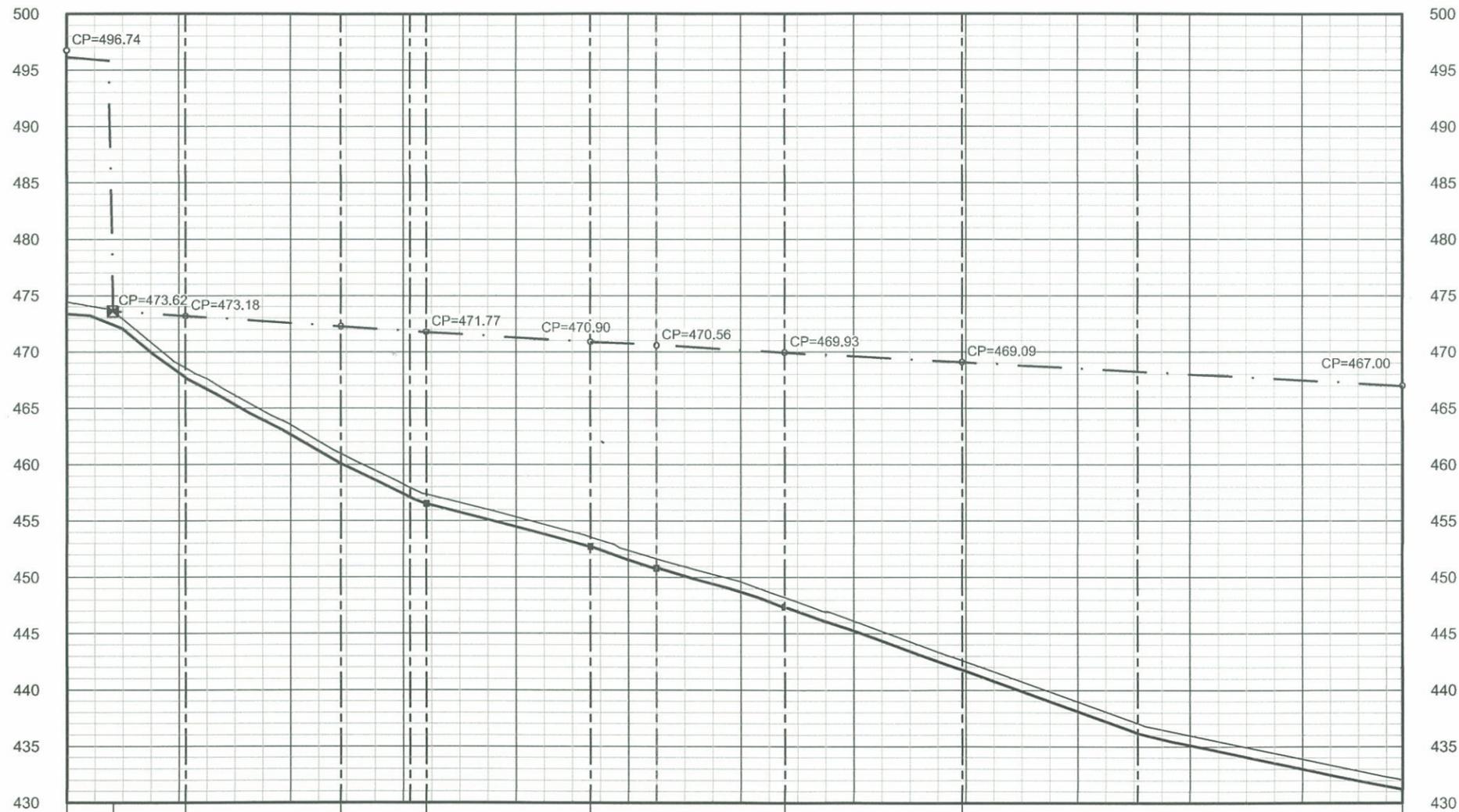
ESCALA H 1:1000
V 1:500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: ING. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANO: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
 DOUGLAS CASTILLO		HOJA: 8 29



PLANTA DE RAMAL 0
ESCALA 1:1000



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LINEA DE DISTRIBUCIÓN
	LINEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

NODO	DH SEGMENTO	TUBERÍA
N-33	21.21	PVC Ø 4" 160psi L=237.91 m [40 TUBOS]
CRP	27.77	
N-32	12.22	
N-31	2.87	
N-30	29.19	
N-29	11.74	
N-27	22.76	
N-26	31.55	
N-34	31.38	47.22

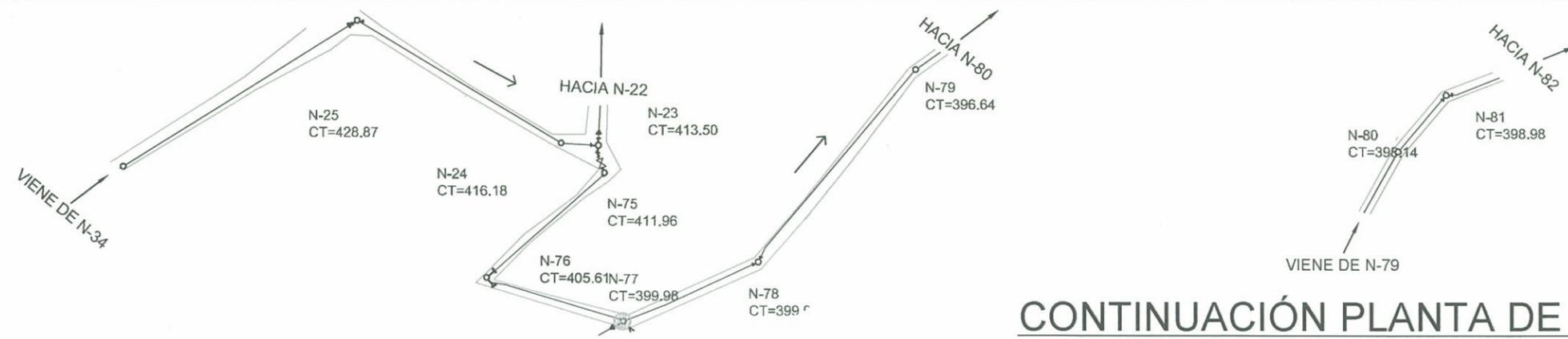
PERFIL DE RAMAL 0
ESCALA H 1:1000
V 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS
 EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

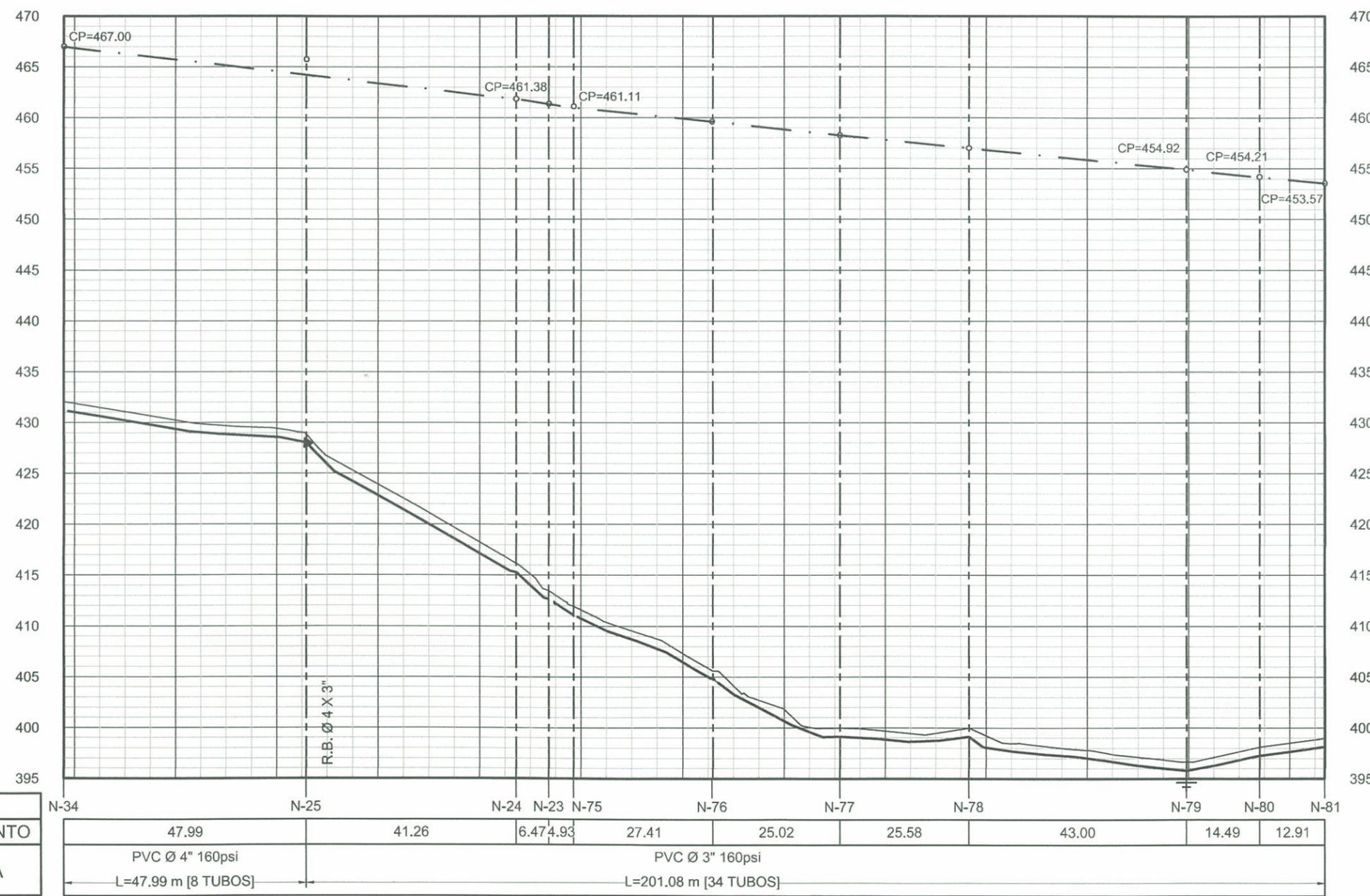
CÁLCULO: DOUGLASE CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA

HOJA: 9 / 29
 DOUGLASE CASTILLO



CONTINUACIÓN PLANTA DE RAMAL 0

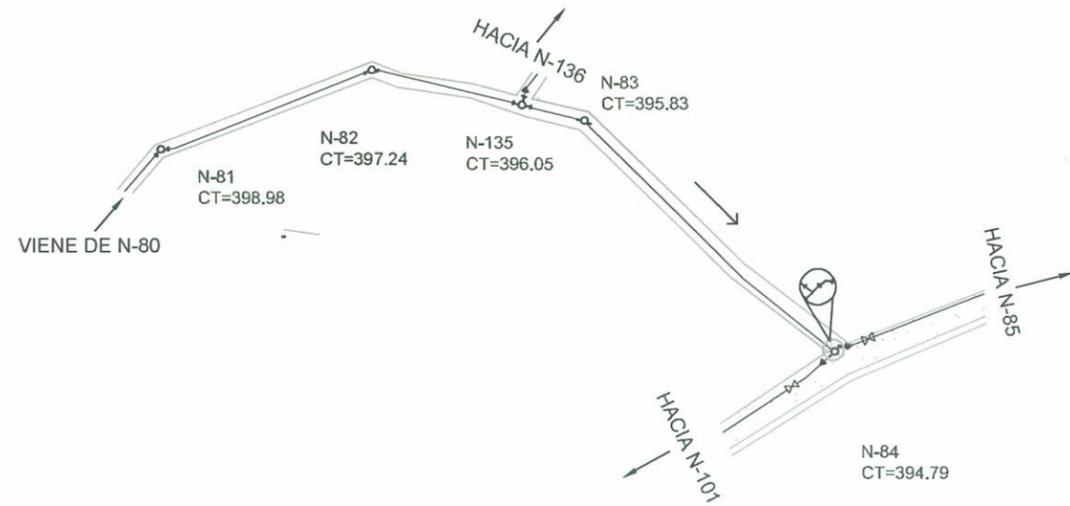
ESCALA 1:1000



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

PERFIL DE RAMAL 0
ESCALA H 1:1000
V 1:500

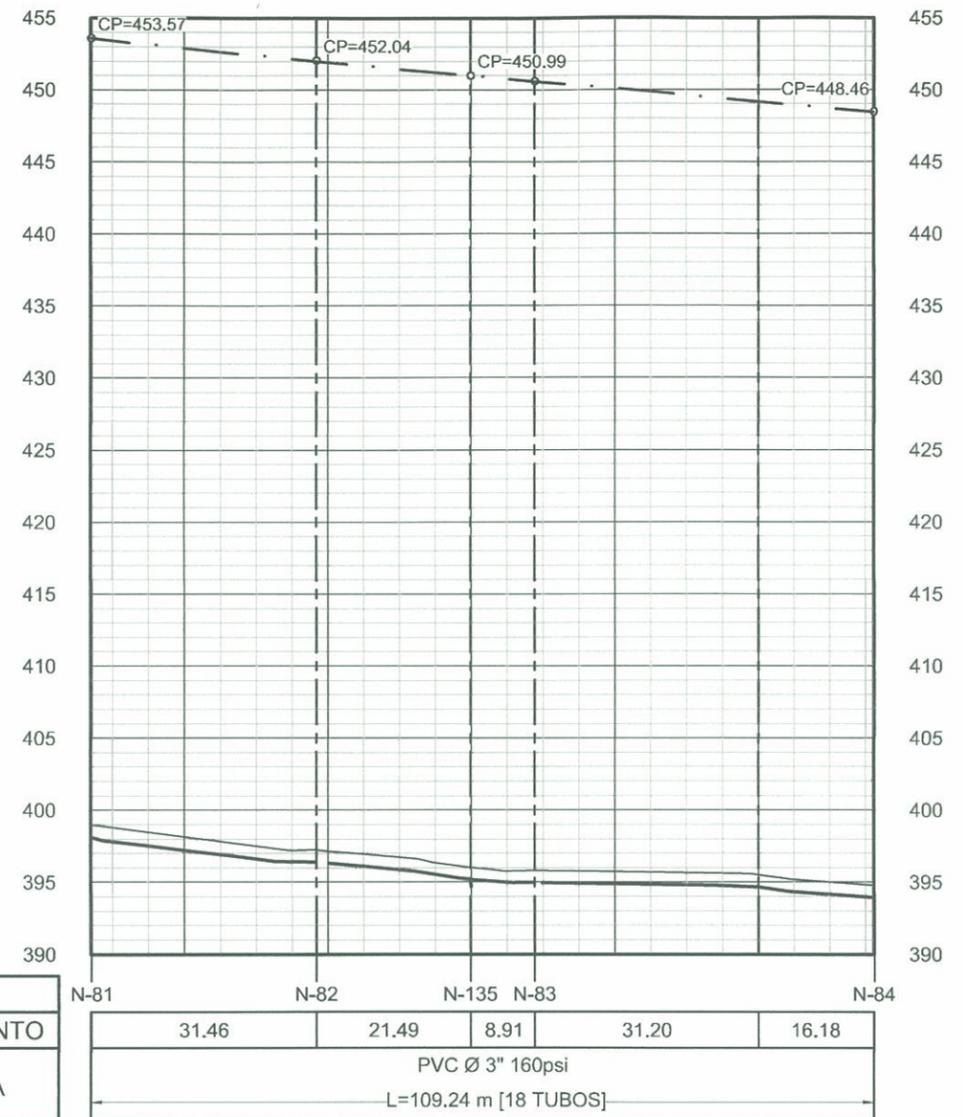
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS ESTILLO LOPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
		HOJA: 10 / 29



CONTINUACIÓN PLANTA DE RAMAL 0

ESCALA 1:1000

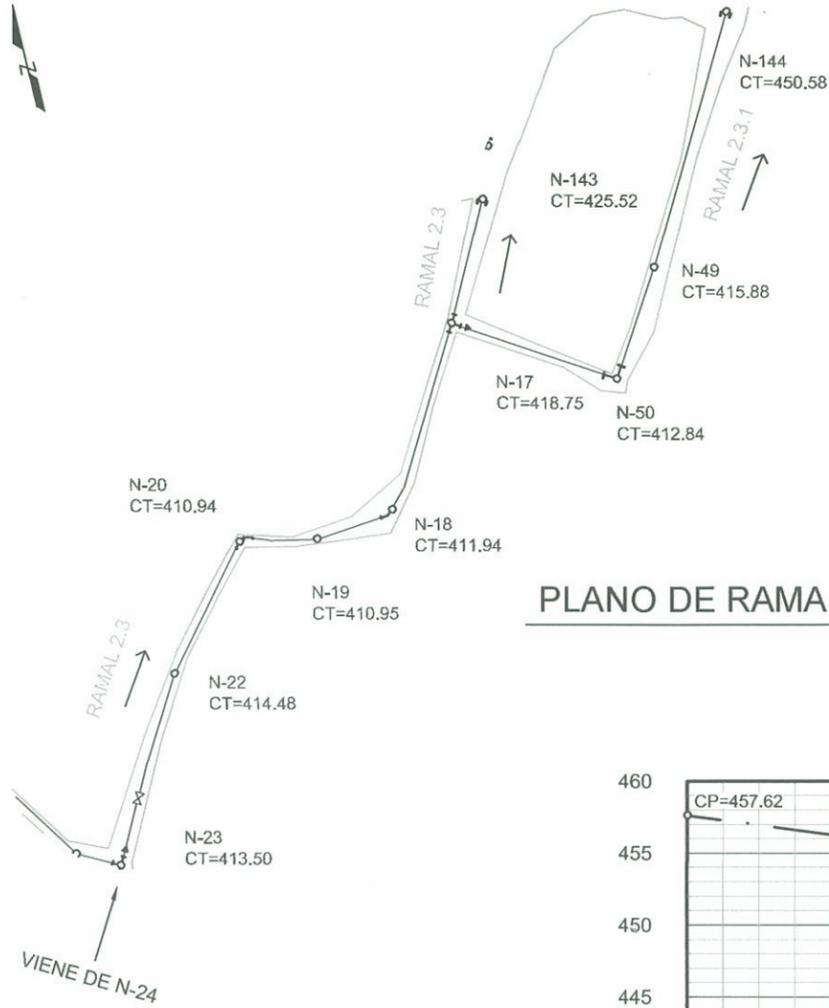
SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO



PERFIL DE RAMAL 0

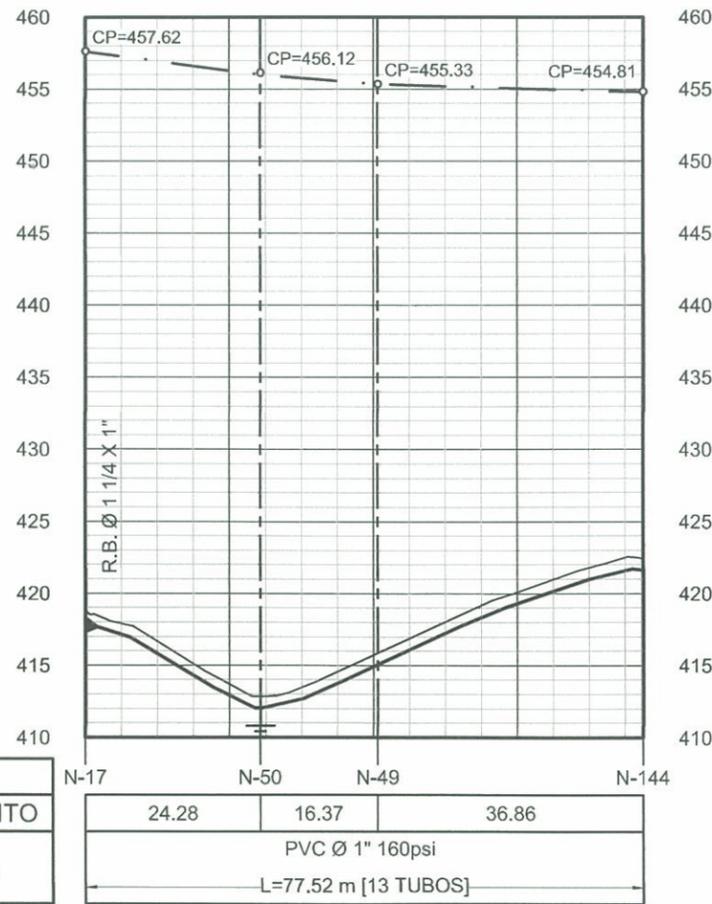
ESCALA H 1:1000
V 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANO: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
INGA MAYRA GARCÍA		DOUGLAS CASTILLO
HOJA: 11		29



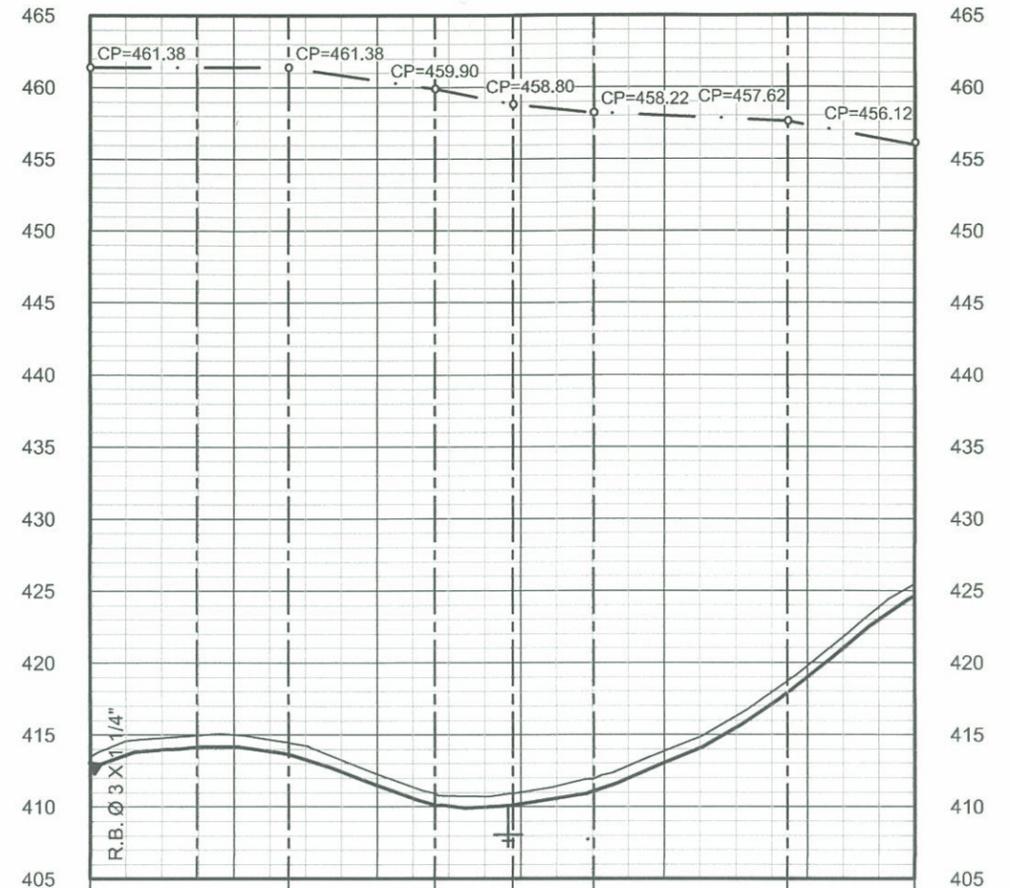
PLANO DE RAMALES 0.6 Y 0.6.1

ESCALA 1:1000



PERFIL DE RAMAL 0.6.1

ESCALA H 1:1000
V 1:500



PERFIL DE RAMAL 0.6

ESCALA H 1:1000
V 1:500

NODO	N-23	N-22	N-20	N-19	N-18	N-17	N-143
DH SEGMENTO							
TUBERÍA	PVC Ø 1 1/4" 160psi L=115.03 m [19 TUBOS]						

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LINEA DE DISTRIBUCIÓN
	LINEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS
EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CÁLCULO:
DOUGLAS CASTILLO

ASESOR-SUPERVISOR:
ING. MAYRA GARCÍA

FECHA:
JULIO DE 2019

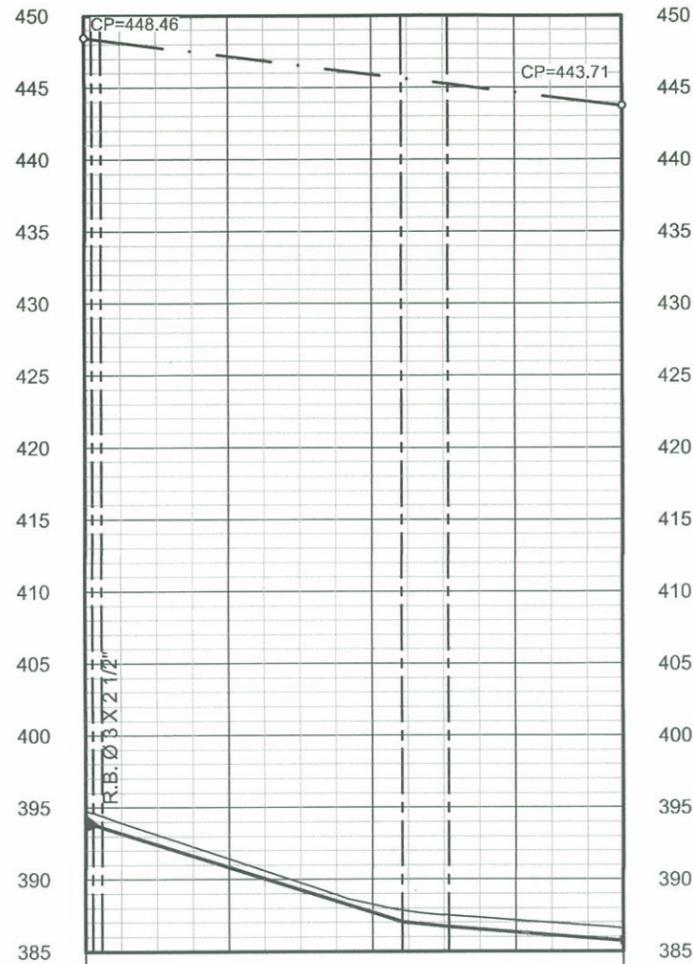
ESCALA:
INDICADA

PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN

ING. MAYRA GARCÍA
ASESORA SUPERVISORA DE E.P.
Unidad de Ingeniería y Edificación
V.B. ING. MAYRA GARCÍA

DOUGLAS CASTILLO

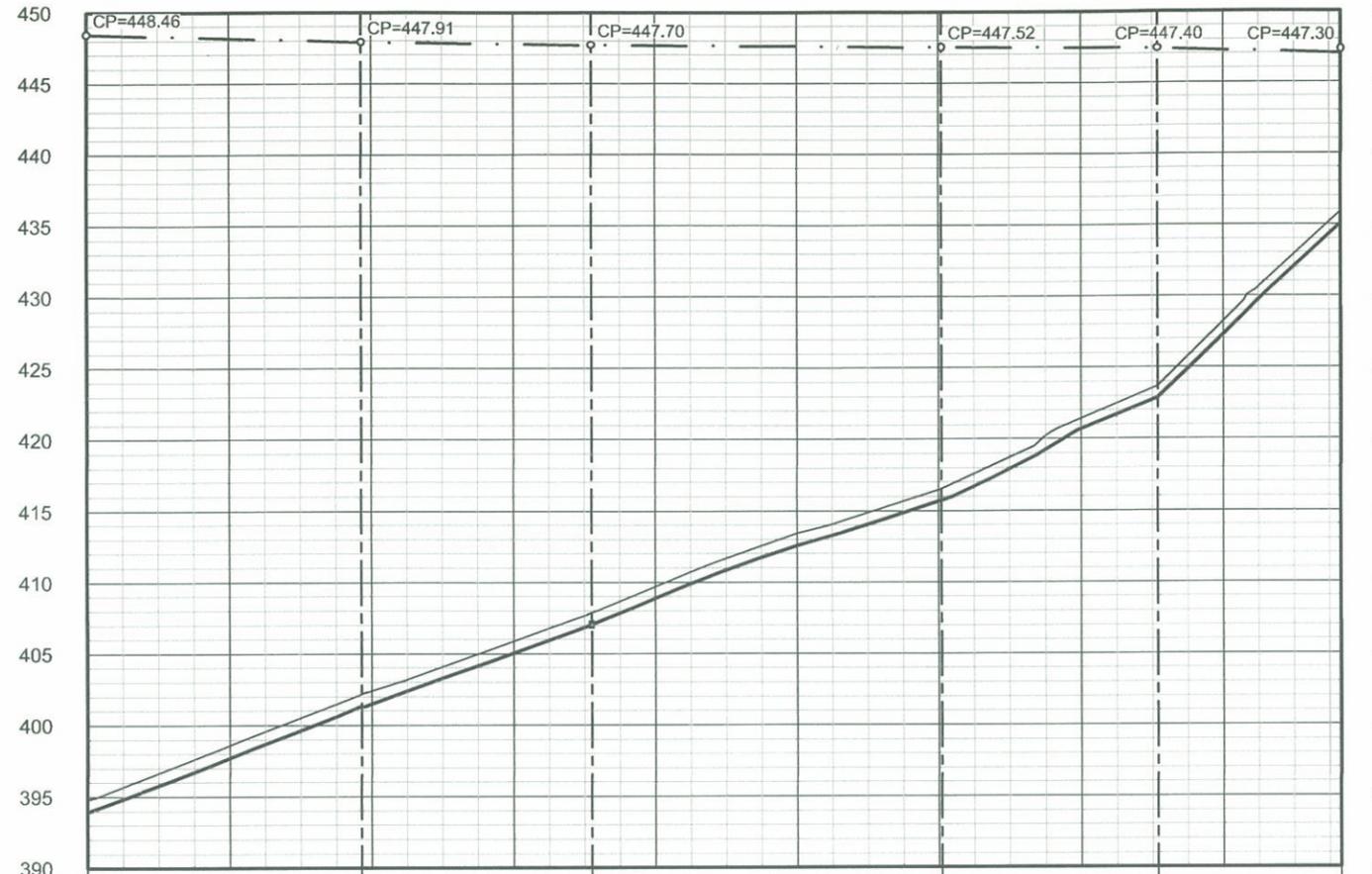
HOJA:
12
29



NODO	N-84			N-85
DH SEGMENTO	11.27	41.87	6.53	24.15
TUBERÍA	PVC Ø 2 1/2" 160psi			
	L=74.88 m [12 TUBOS]			

PERFIL DE RAMAL 0.7

ESCALA H 1:1000
V 1:500

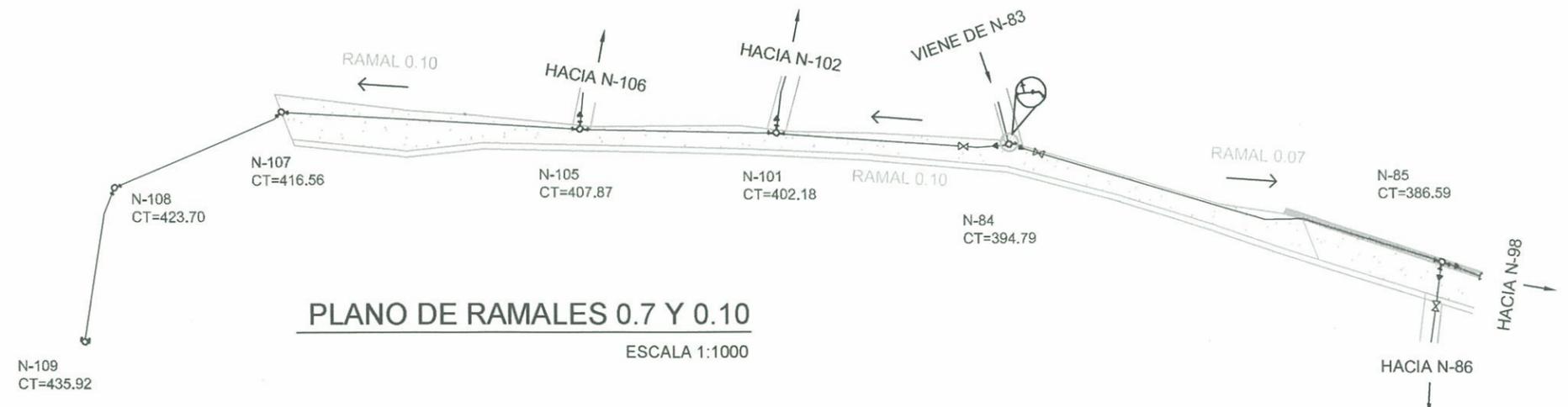


NODO	N-84	N-101	N-105	N-107	N-108	N-109
DH SEGMENTO	38.56	32.45	49.40	30.34	25.86	
TUBERÍA	PVC Ø 2" 160psi					
	L=176.62 m [29 TUBOS]					

PERFIL DE RAMAL 0.10

ESCALA H 1:1000
V 1:500

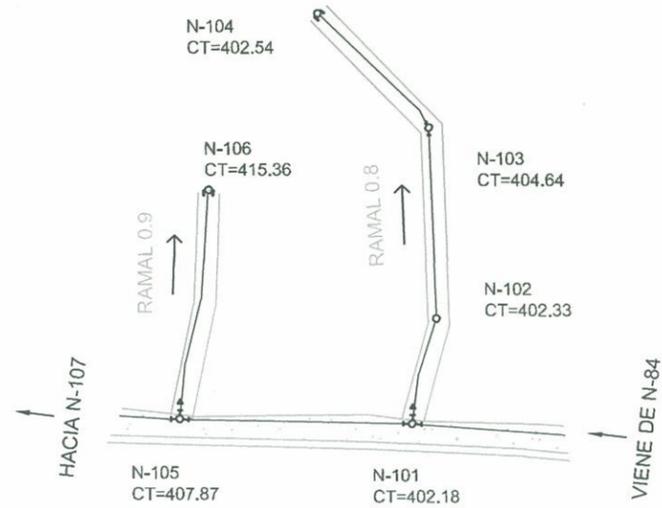
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO



PLANO DE RAMALES 0.7 Y 0.10

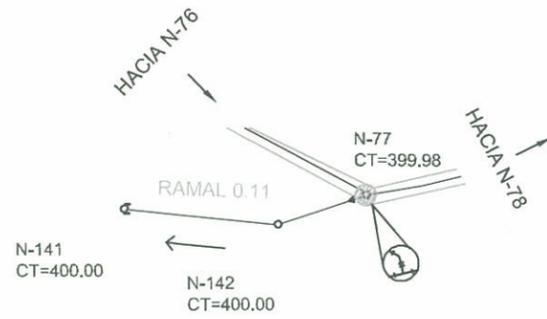
ESCALA 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CALCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
		HOJA: 13 29



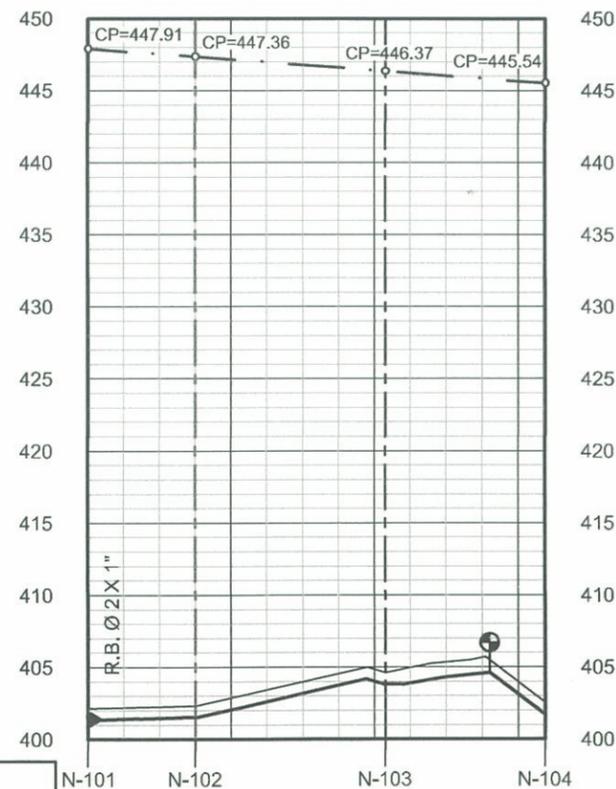
PLANTA DE RAMALES 0.8 Y 0.9

ESCALA 1:1000



PLANTA DE RAMAL 0.11

ESCALA 1:1000

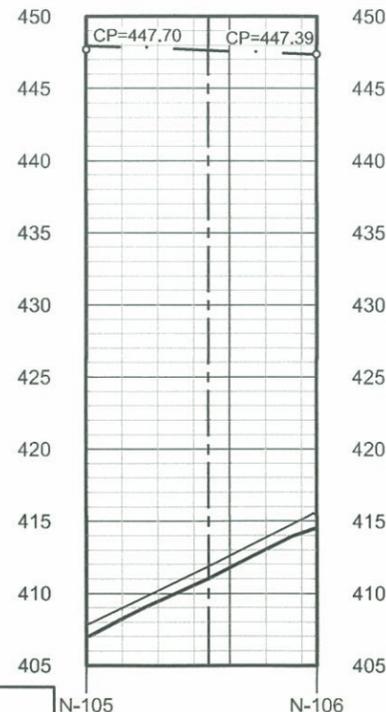


NODO
DH SEGMENTO
TUBERÍA

N-101	N-102	N-103	N-104
14.96	26.58	22.21	
PVC Ø 1" 160psi			
L=63.75 m [11 TUBOS]			

PERFIL DE RAMAL 0.8

ESCALA H 1:1000
V 1:500

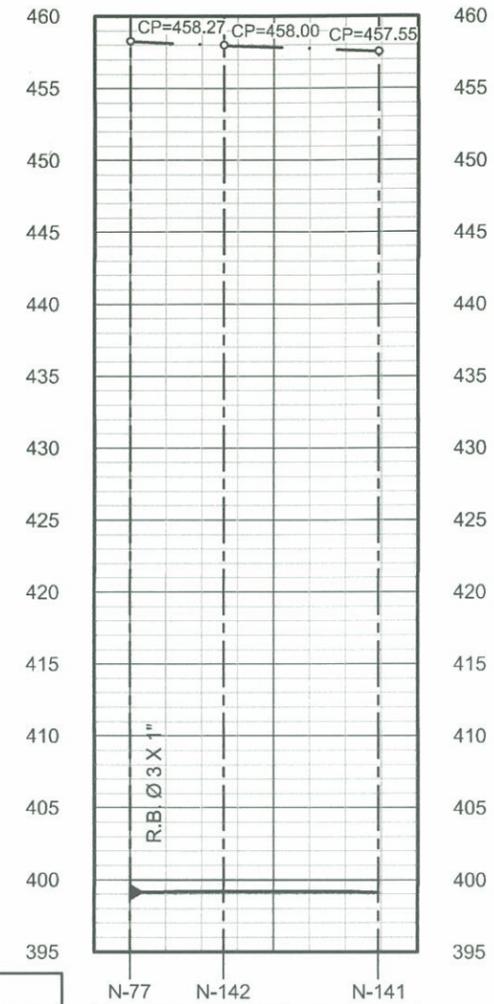


NODO
DH SEGMENTO
TUBERÍA

N-105	N-106
17.03	15.11
PVC Ø 1" 160psi	

PERFIL DE RAMAL 0.9

ESCALA H 1:1000
V 1:500



NODO
DH SEGMENTO
TUBERÍA

13.04	21.49
PVC Ø 1" 160psi	
L=34.53 m [6 TUBOS]	

PERFIL DE RAMAL 0.11

ESCALA H 1:1000
V 1:500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

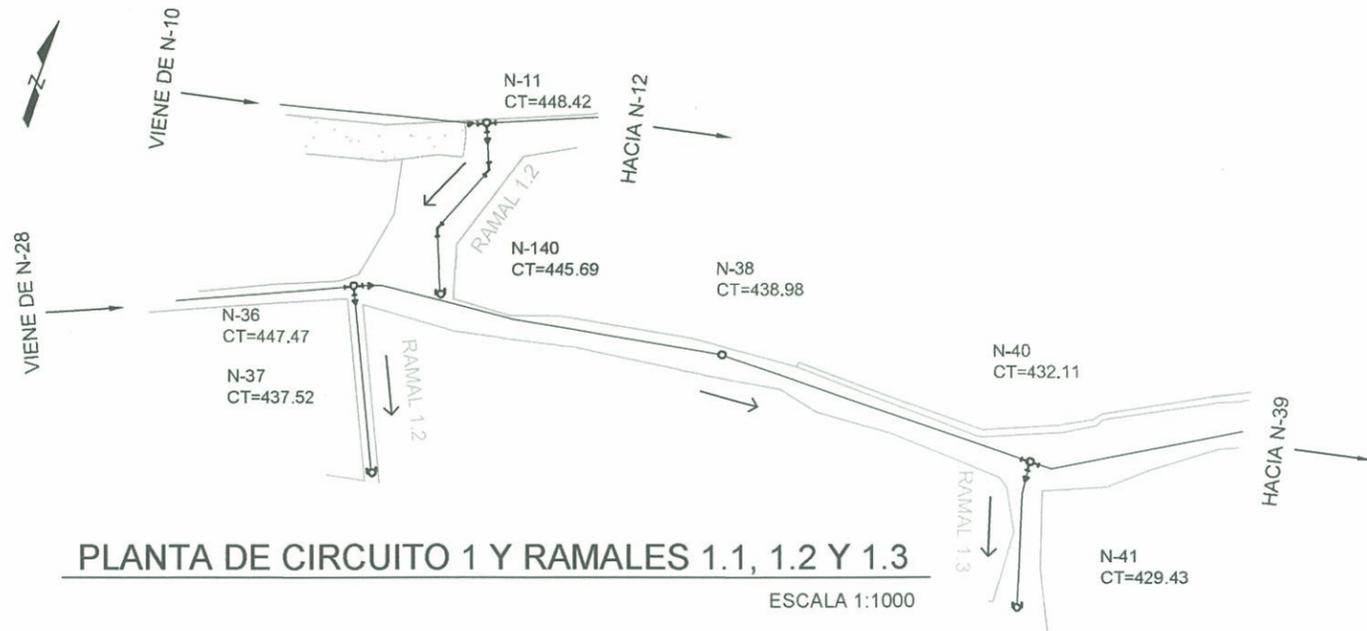
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS
EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ	PROFESOR SUPERVISOR: INGENIERO ARA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
 Ingo. No. 123456789 ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE INGENIEROS (ASOGING) Unidad de Ingeniería y BPS		ESCALA: INDICADA

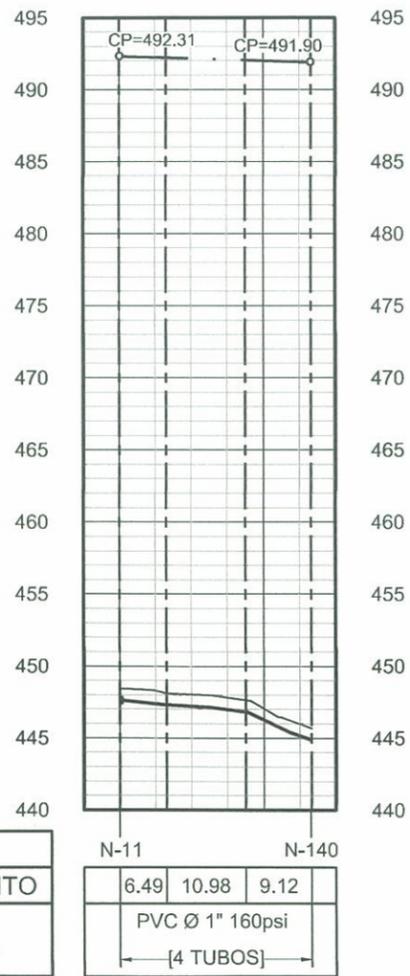
HOJA: 14 / 29

DOUGLAS CASTILLO

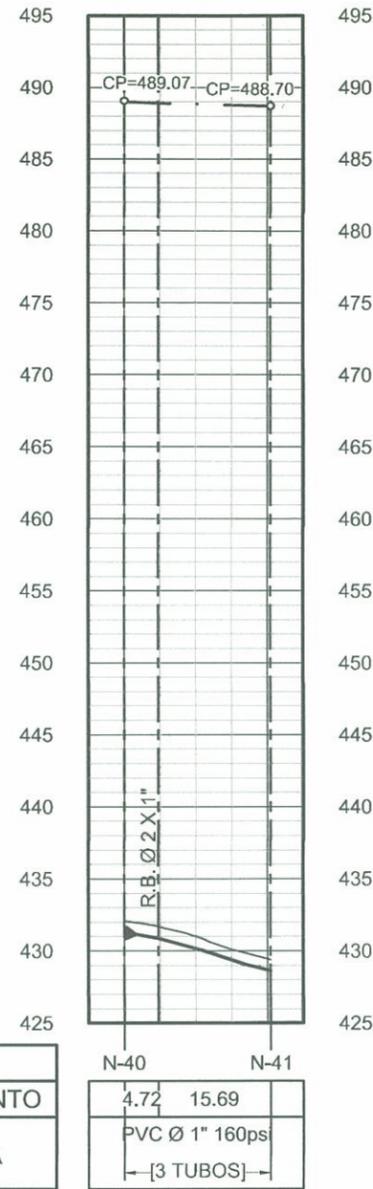


PLANTA DE CIRCUITO 1 Y RAMALES 1.1, 1.2 Y 1.3
ESCALA 1:1000

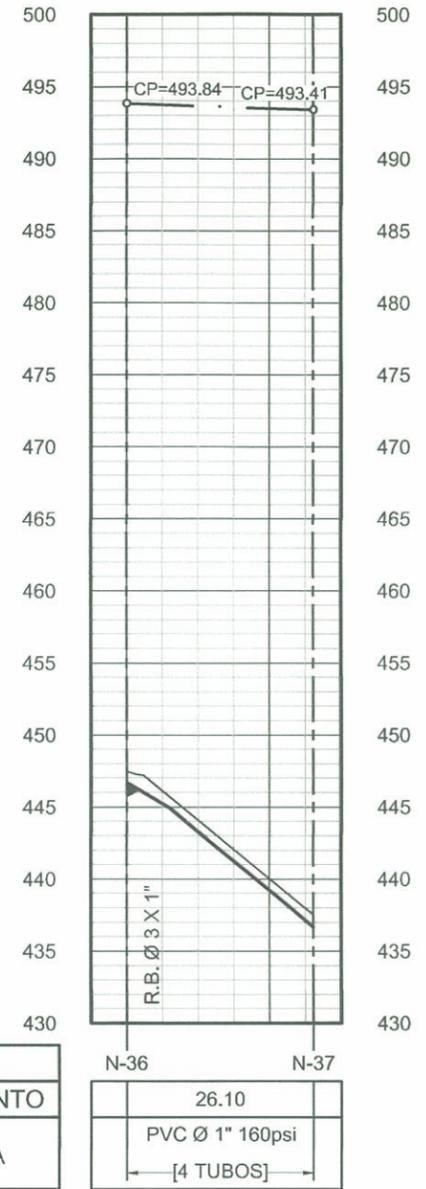
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO



PERFIL DE RAMAL 1.1
ESCALA H 1:1000
V 1:500

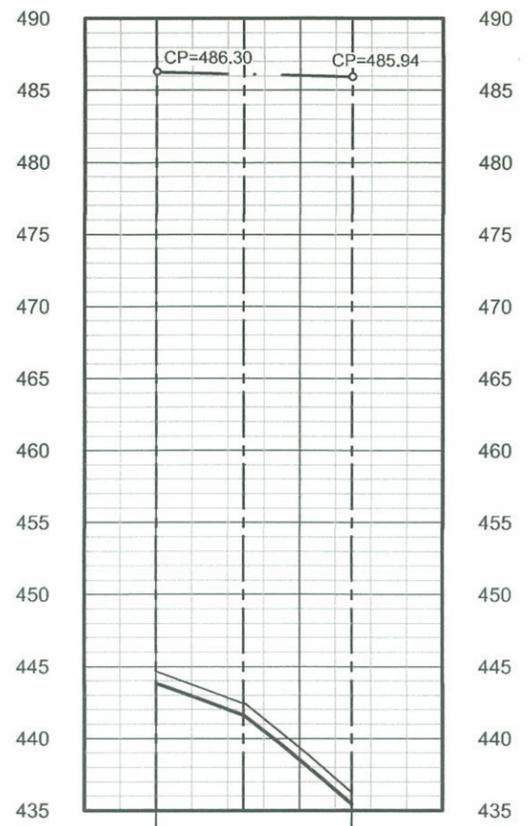


PERFIL DE RAMAL 1.3
ESCALA H 1:1000
V 1:500



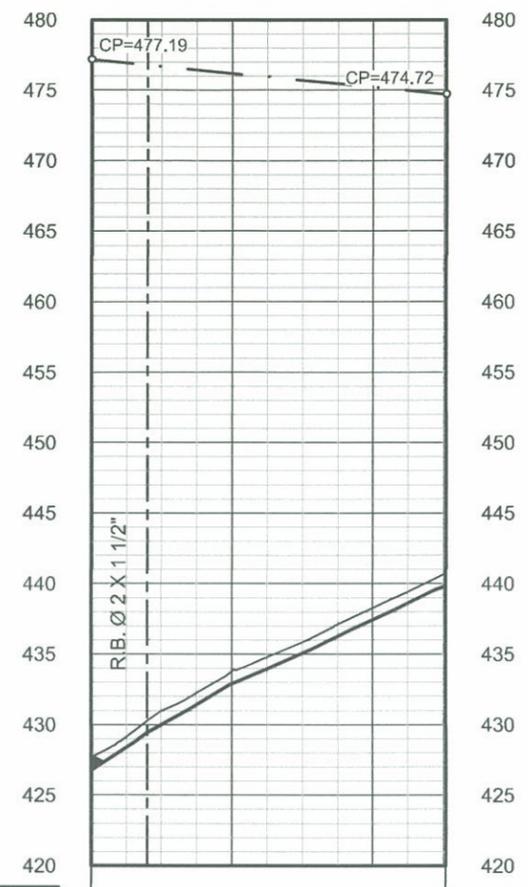
PERFIL DE RAMAL 1.2
ESCALA H 1:1000
V 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CALIFICADO POR: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANO: PLANTA Y PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
ASESORA - SUPERVISORA DE EPO Unidad de Práctica de Ingeniería y EPO		HOJA: 15 / 29



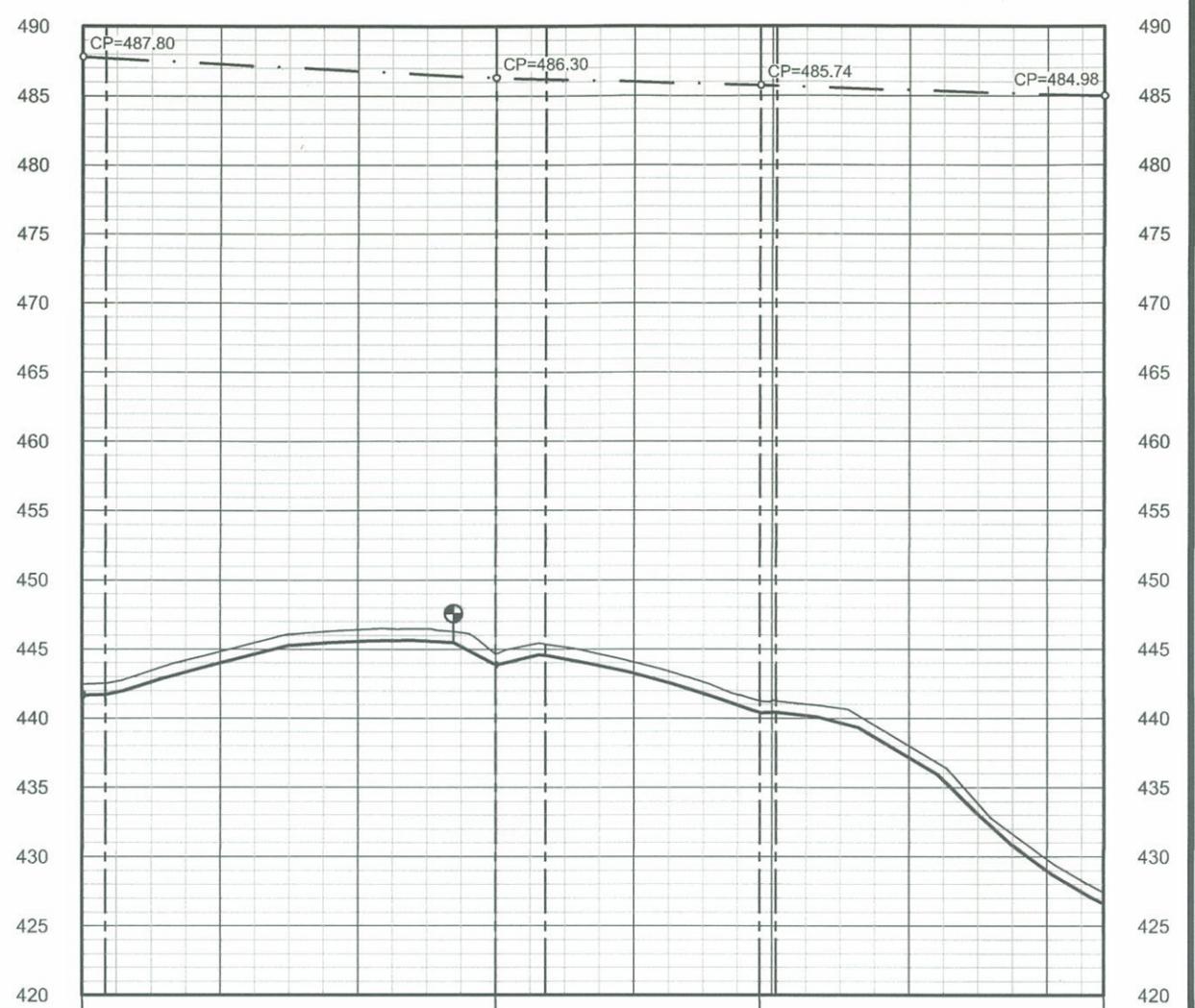
NODO	N-51	N-52
DH SEGMENTO	12.13	15.15
TUBERÍA	PVC Ø 1" 160psi [5 TUBOS]	

PERFIL DE RAMAL 2.1.1
ESCALA H 1:1000
V 1:500



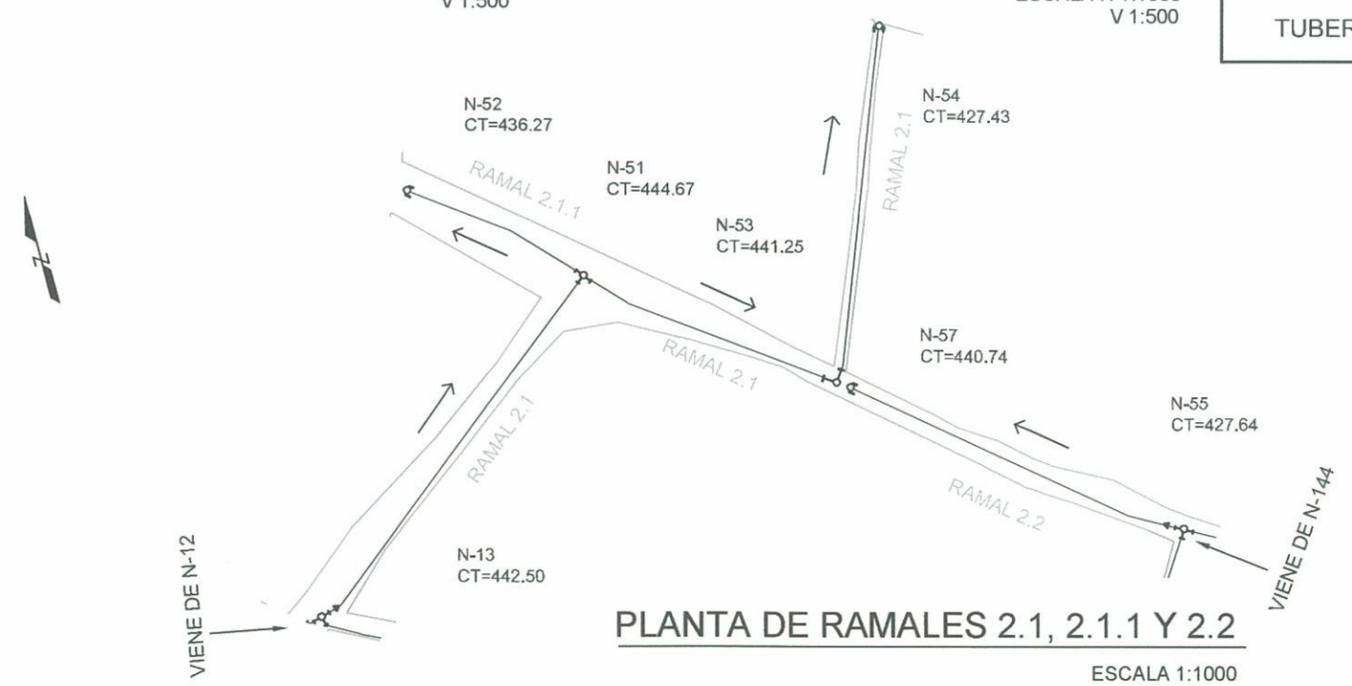
NODO	N-55	N-57
DH SEGMENTO	7.97	42.39
TUBERÍA	PVC Ø 1 1/2" 160psi L=50.35 m [8 TUBOS]	

PERFIL DE RAMAL 2.2
ESCALA H 1:1000
V 1:500



NODO	N-13	N-51	N-53	N-54		
DH SEGMENTO	3.36	56.59	7.20	31.10	2.38	47.53
TUBERÍA	PVC Ø 1 1/2" 160psi L=148.16 m [25 TUBOS]					

PERFIL DE RAMAL 2.1
ESCALA H 1:1000
V 1:500



PLANTA DE RAMALES 2.1, 2.1.1 Y 2.2
ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPON HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

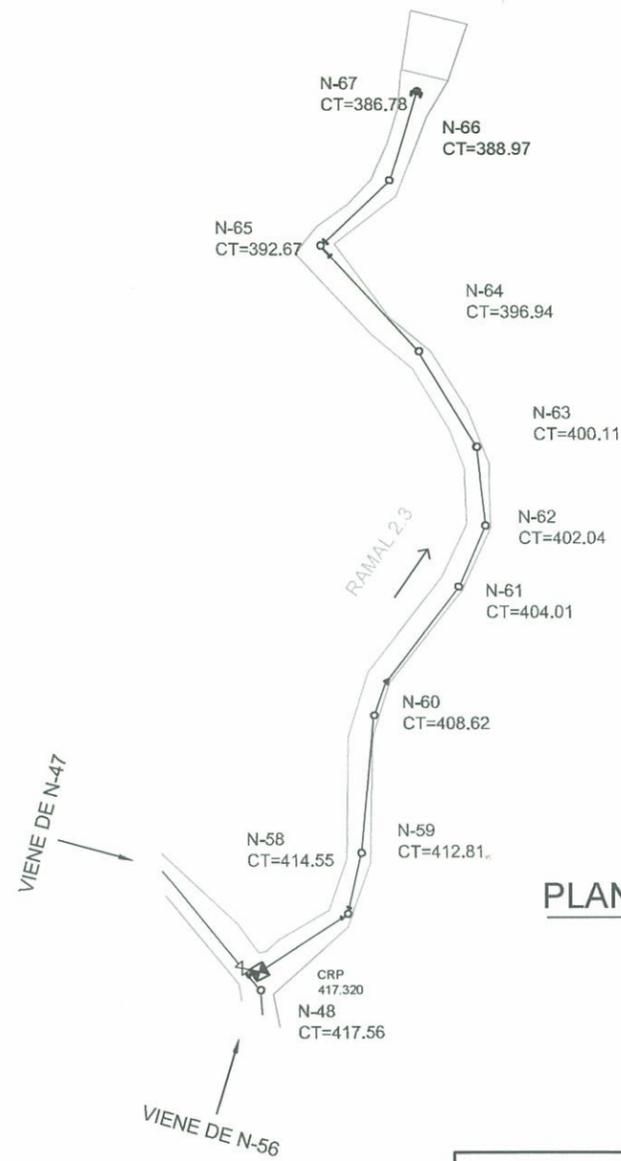
PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: ING. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA

ASESOR: *[Signature]*
ING. MAYRA GARCÍA

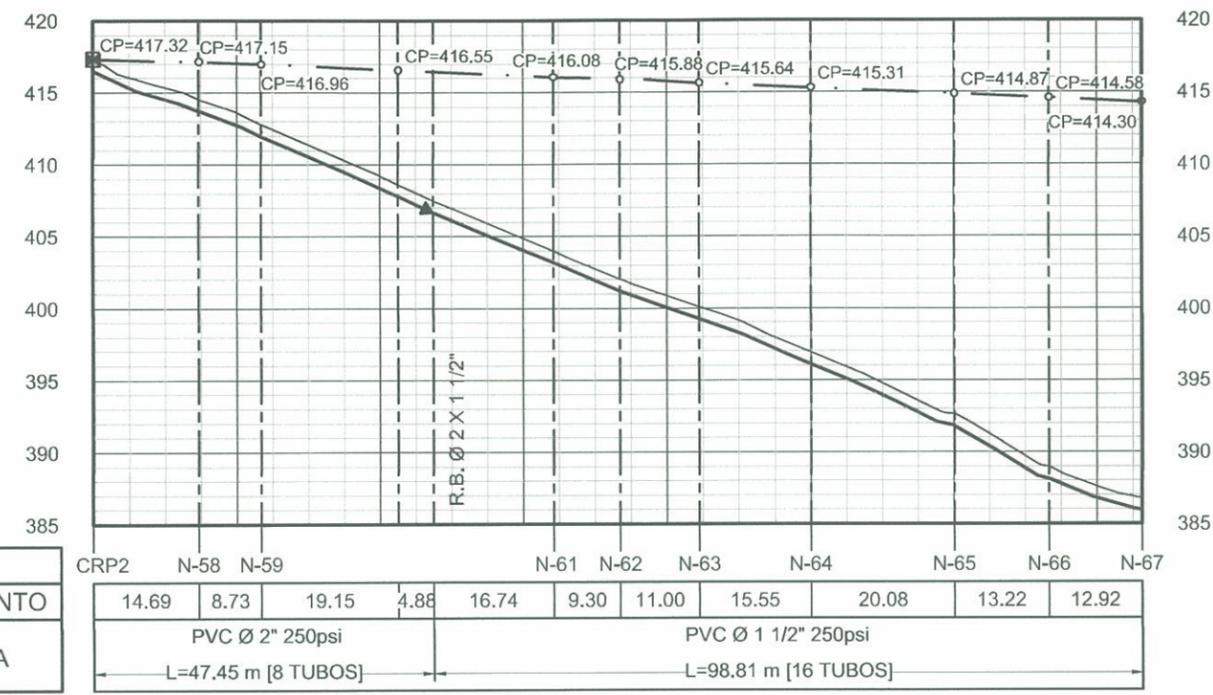
DOUGLAS CASTILLO

HOJA: 16 / 29



PLANTA DE RAMAL 2.3
ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO



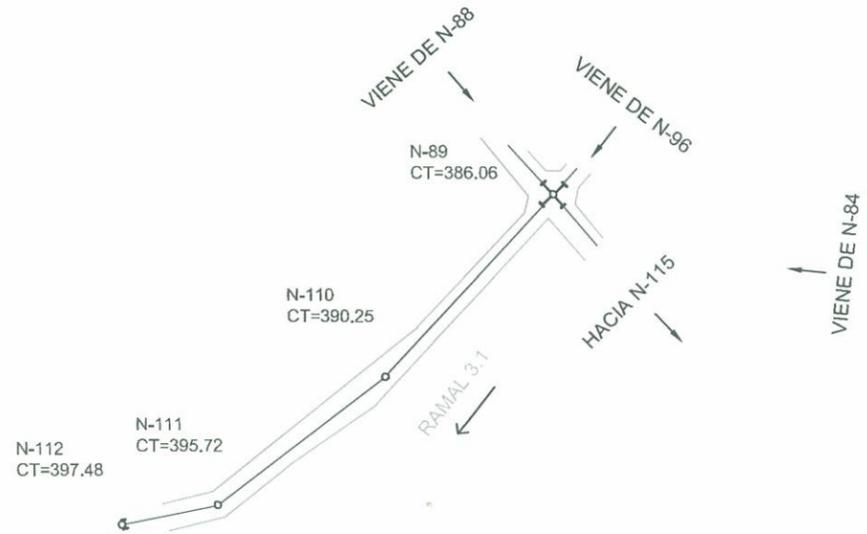
PERFIL DE RAMAL 2.3
ESCALA H 1:1000
V 1:500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CÁLCULO: INGA MAYRA GARCÍA	ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA

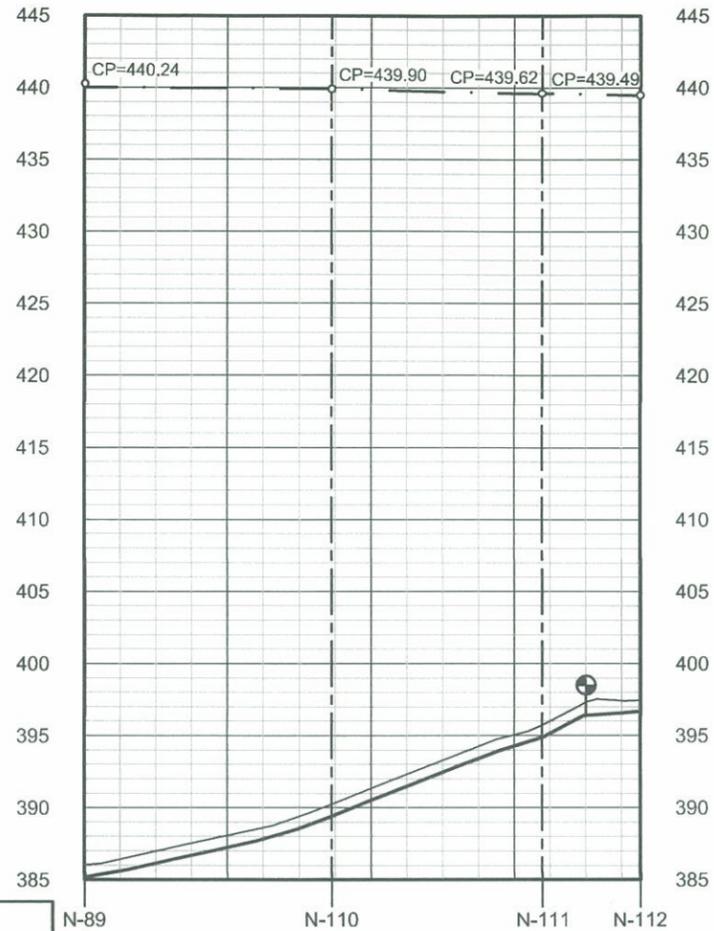
HOJA: 17 / 29
DOUGLAS CASTILLO



PLANTA DE RAMAL 3.1

ESCALA 1:1000

NODO	N-89	N-110	N-111	N-112
DH SEGMENTO	34.50	29.38	13.69	
TUBERÍA	PVC Ø 2" 160psi L=77.42 m [13 TUBOS]			

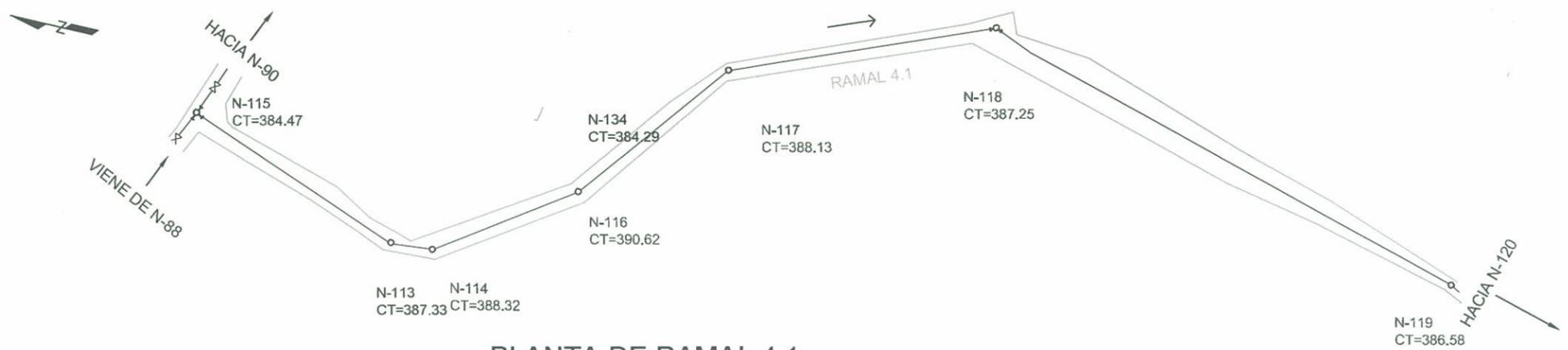


PERFIL DE RAMAL 3.1

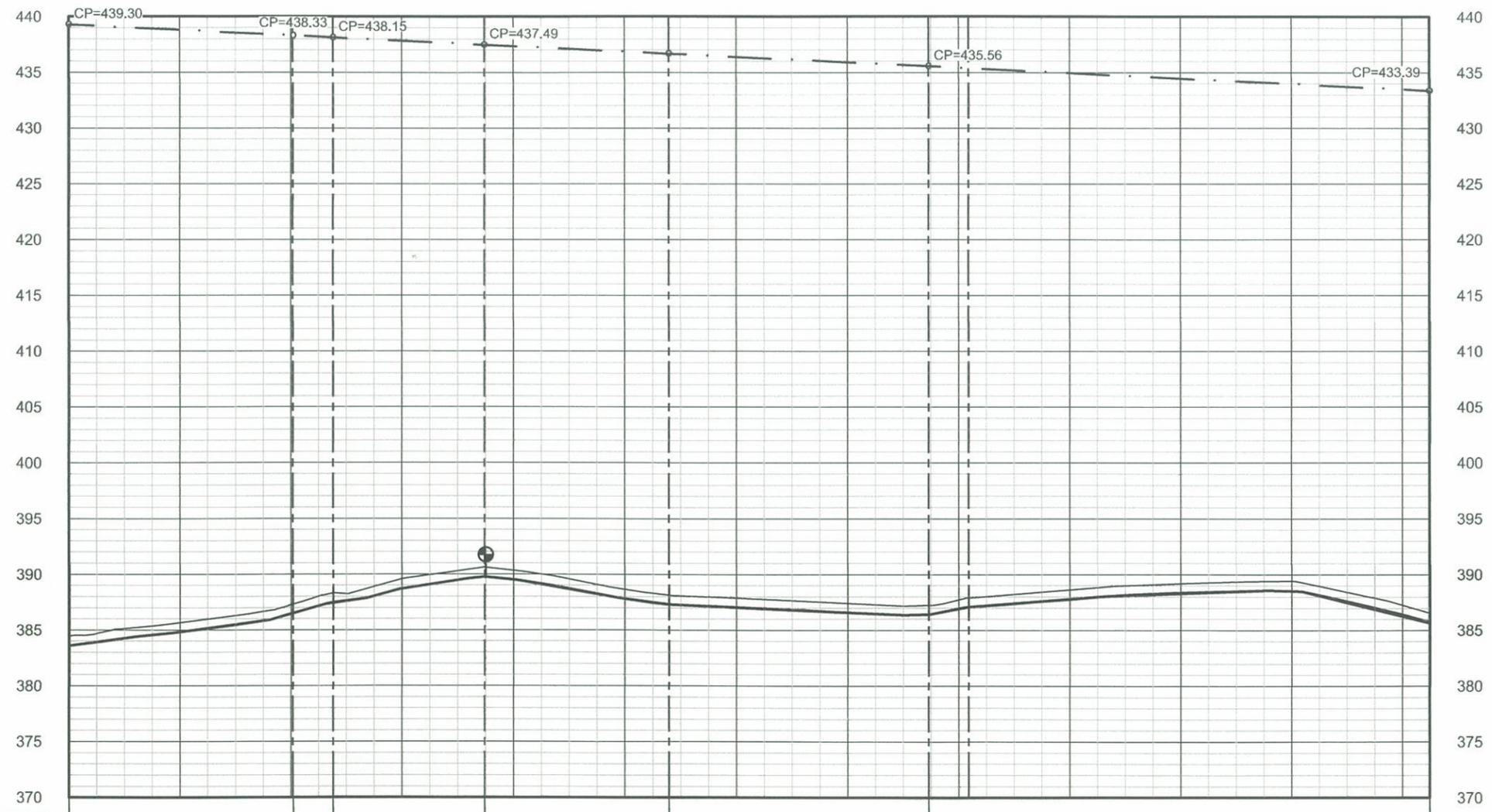
ESCALA H 1:1000
V 1:500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VALVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VALVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VALVULA DE AIRE Ø INDICADO

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</p>		
<p>CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO</p>	<p>ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA</p>	<p>FECHA: JULIO DE 2019</p>
<p>PLANO: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN</p>		<p>ESCALA: INDICADA</p>
<p>ASESORA SUPERVISORA INGA. MAYRA GARCÍA</p>		<p>HOJA: 18 29</p>



PLANTA DE RAMAL 4.1
ESCALA 1:1000



NODO	N-115		N-113	N-114	N-116	N-117	N-118	N-119
DH SEGMENTO	40.41		7.28	27.10	33.15	46.65	7.18	83.11
TUBERÍA	PVC Ø 2" 160psi L=244.87 m [41 TUBOS]							

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

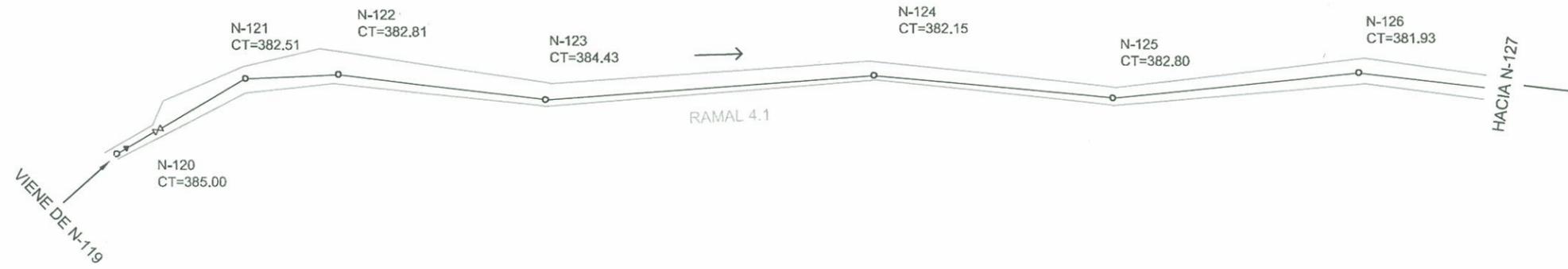
PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPÁ, GUATEMALA

CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LOPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA

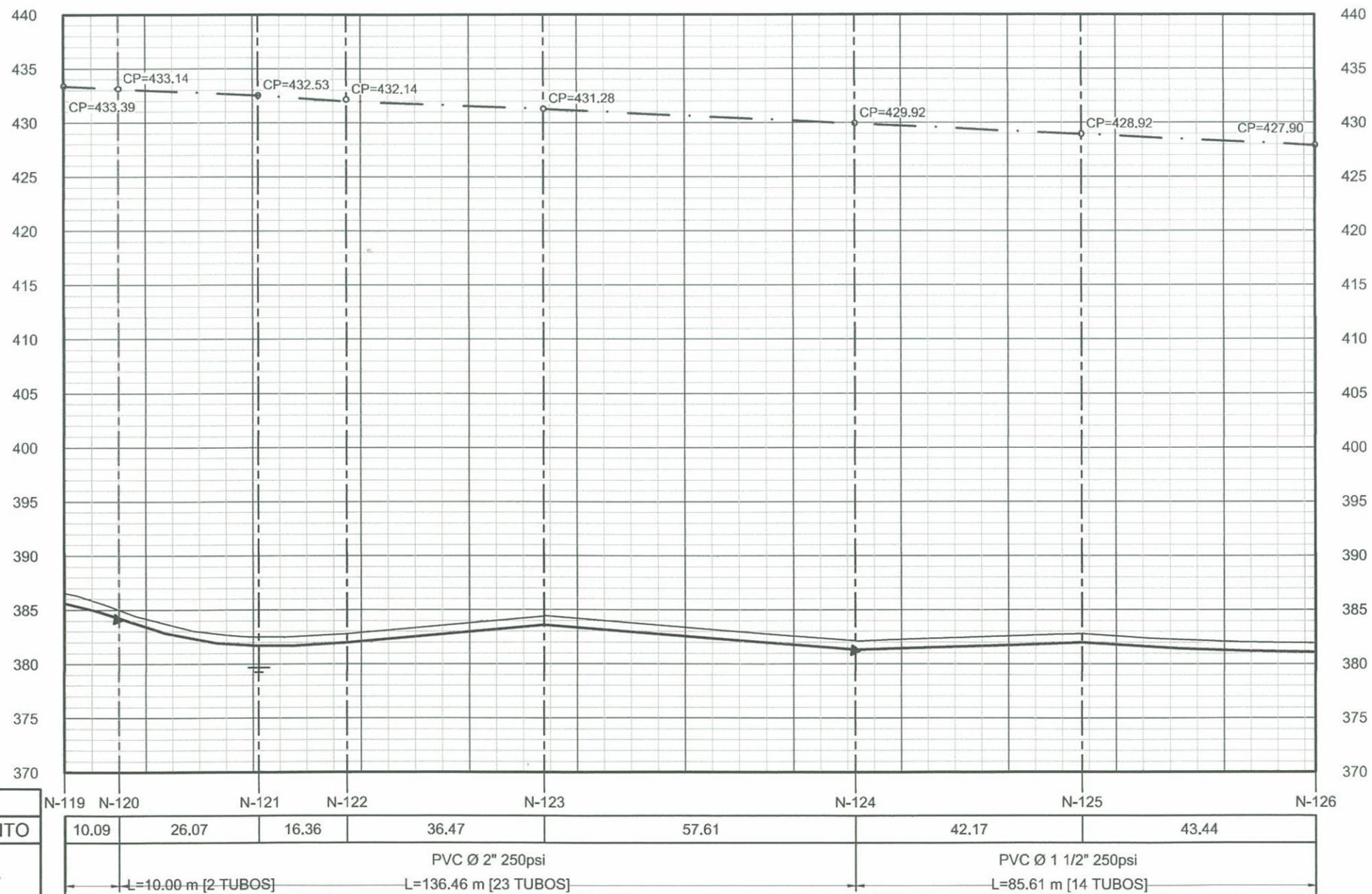
ASESORA SUPERVISORA
Unidad de Ingeniería en Ingeniería y Edificación
INGA. MAYRA GARCÍA

DOUGLAS CASTILLO

HOJA: 19 / 29



PLANTA DE RAMAL 4.1
ESCALA 1:1000



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

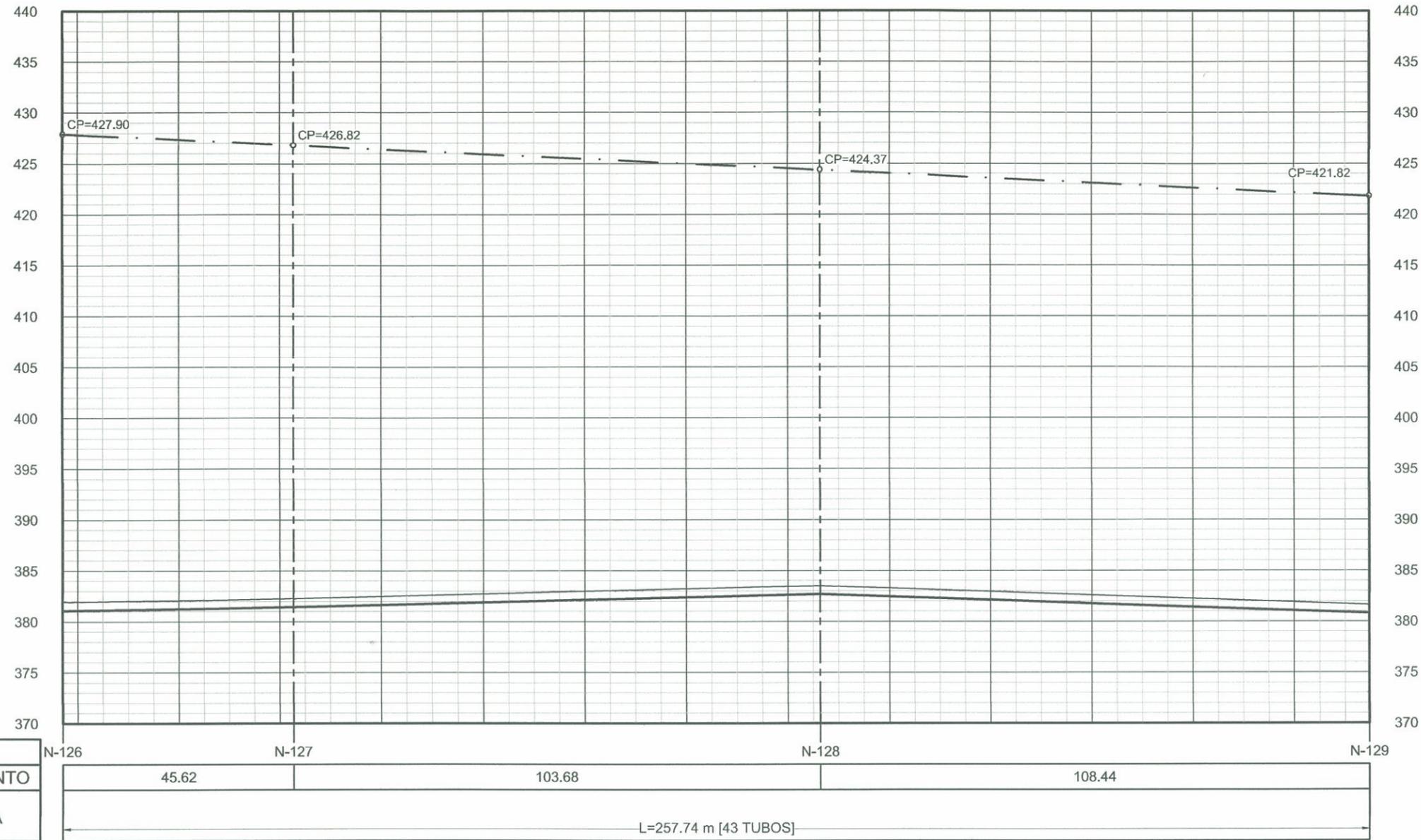
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

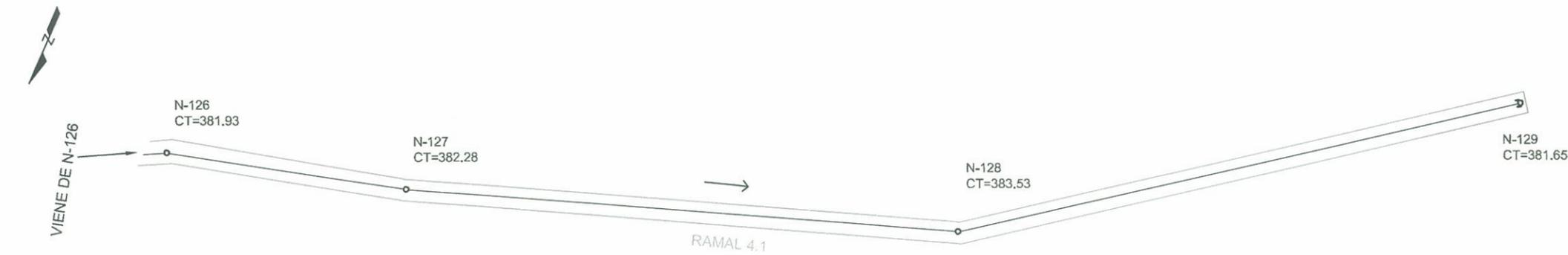
ASesor-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019	ESCALA: INDICADA
--	-------------------------	---------------------

DOUGLAS CASTILLO

HOJA: 20 / 29

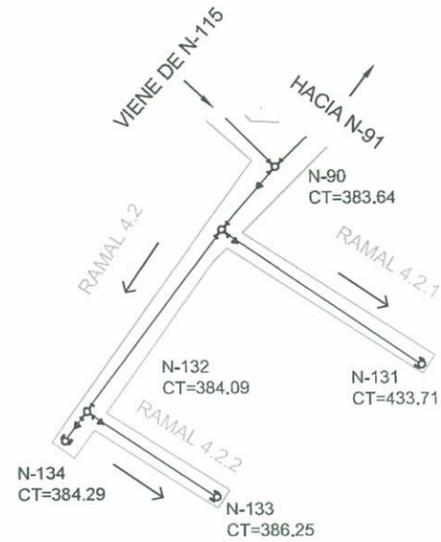


SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO



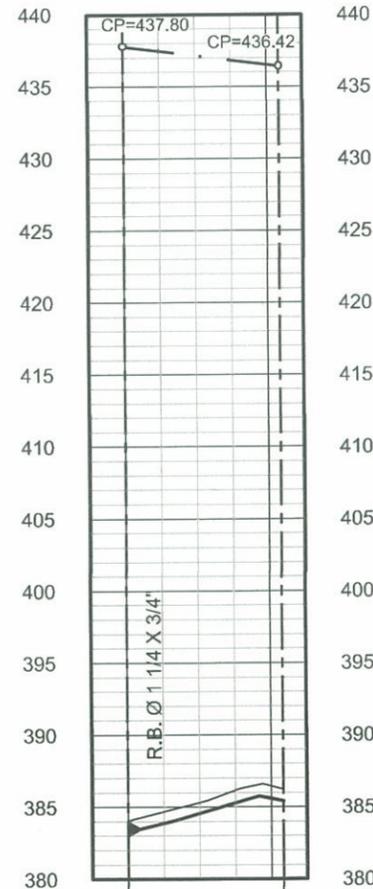
PLANTA DE RAMAL 4.1
ESCALA 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOMINGO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
ASESOR SUPERVISOR DE BPS Unidad de... VGBA. INGA. MAYRA GARCÍA		HOJA: 21 / 29 DOUGLAS CASTILLO



PLANTA DE RAMAL 4.2, 4.2.1 Y 4.2.2

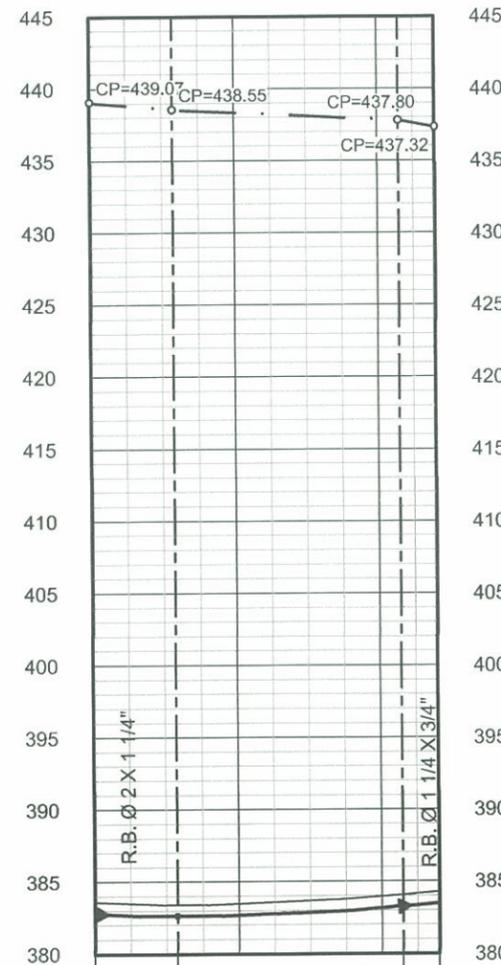
ESCALA 1:1000



NODO	N-132	N-133
DH SEGMENTO	21.71	
TUBERÍA	PVC Ø 3/4" 250psi	[4 TUBOS]

PERFIL DE RAMAL 4.2.2

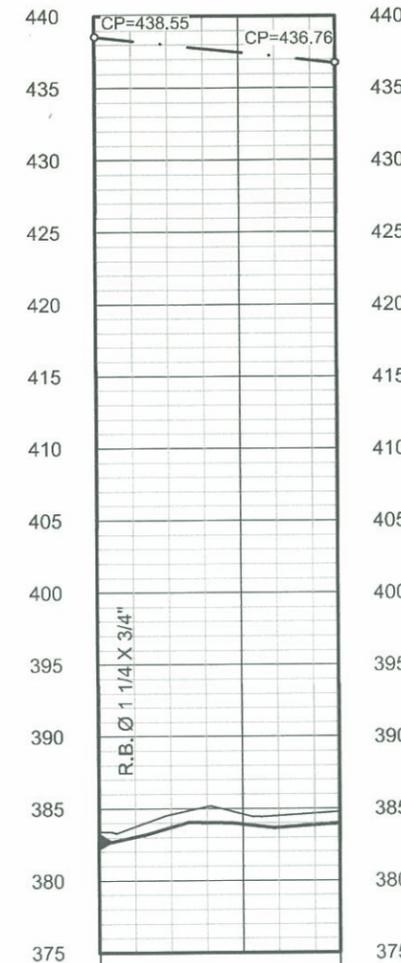
ESCALA H 1:1000
V 1:500



NODO	N-90	N-130	N-132	N-134
DH SEGMENTO	11.45	31.48	5.14	
TUBERÍA	PVC Ø 2" 160psi	PVC Ø 2" 250psi		
	[2 TUBOS]	L=36.63 m [6 TUBOS]		

PERFIL DE RAMAL 4.2

ESCALA H 1:1000
V 1:500



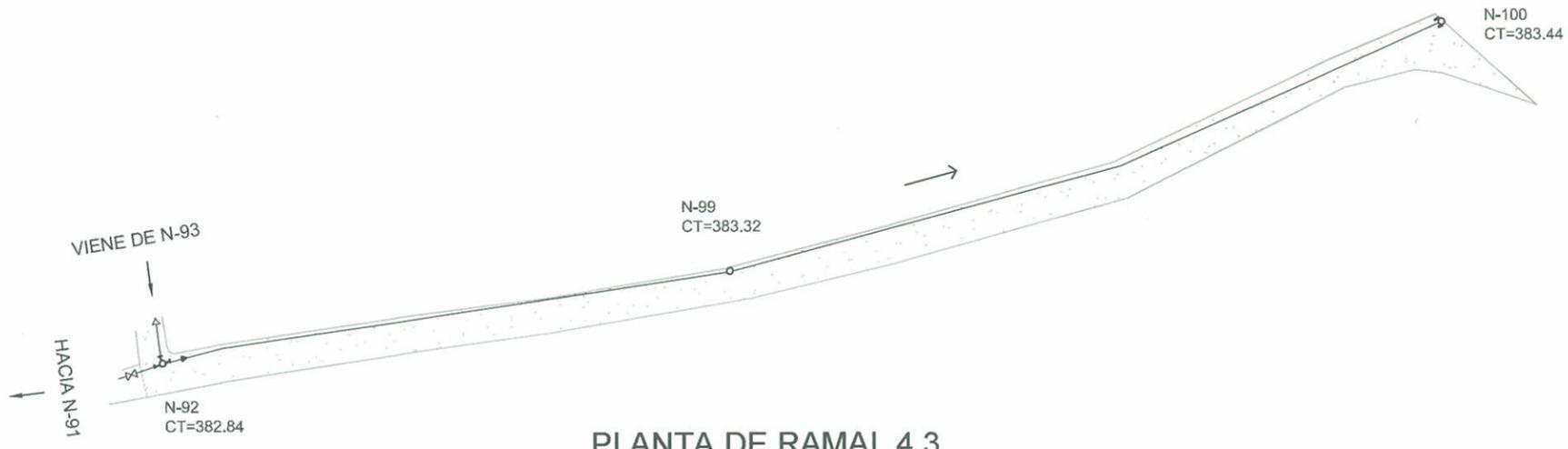
NODO	N-130	N-131
DH SEGMENTO	33.47	
TUBERÍA	PVC Ø 3/4" 250psi	L=33.47 m [6 TUBOS]

PERFIL DE RAMAL 4.2.1

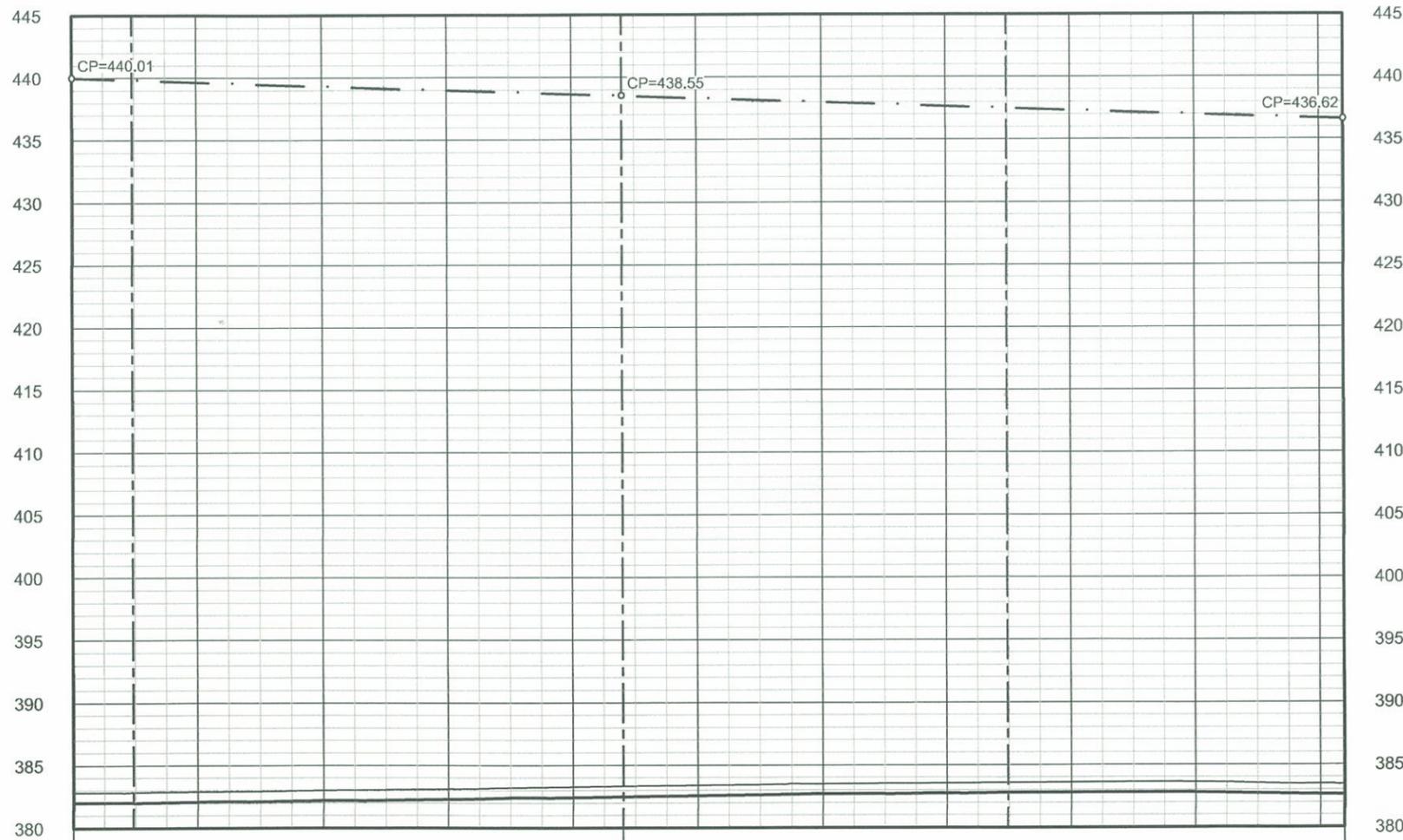
ESCALA H 1:1000
V 1:500

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VÁLVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
ASESORA SUPERVISORA DE DISEÑO Unidad de Proyectos de Ingeniería VOBO INGA. MAYRA GARCÍA		HOJA: 22 29



PLANTA DE RAMAL 4.3
ESCALA 1:1000



NODO	N-92	N-99	N-100	
DH SEGMENTO	9.67	78.38	61.83	54.07
TUBERÍA	PVC Ø 1 1/4" 160psi			
	L=203.93 m [34 TUBOS]			

PERFIL DE RAMAL 4.3
ESCALA H 1:1000
V 1:500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
	NODO
	TAPÓN HEMBRA PVC Ø INDICADO
	CODO 90° PVC Ø INDICADO
	CODO 45° PVC Ø INDICADO
	TEE PVC Ø INDICADO
	CRUZ PVC Ø INDICADO
	REDUCIDOR BUSHING PVC Ø INDICADO
	VALVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO
	VALVULA DE LIMPIEZA Ø INDICADO
	VALVULA DE AIRE Ø INDICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CÁLCULO:
DO: [Signature]

ASESOR-SUPERVISOR:
INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
JULIO DE 2019

PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN

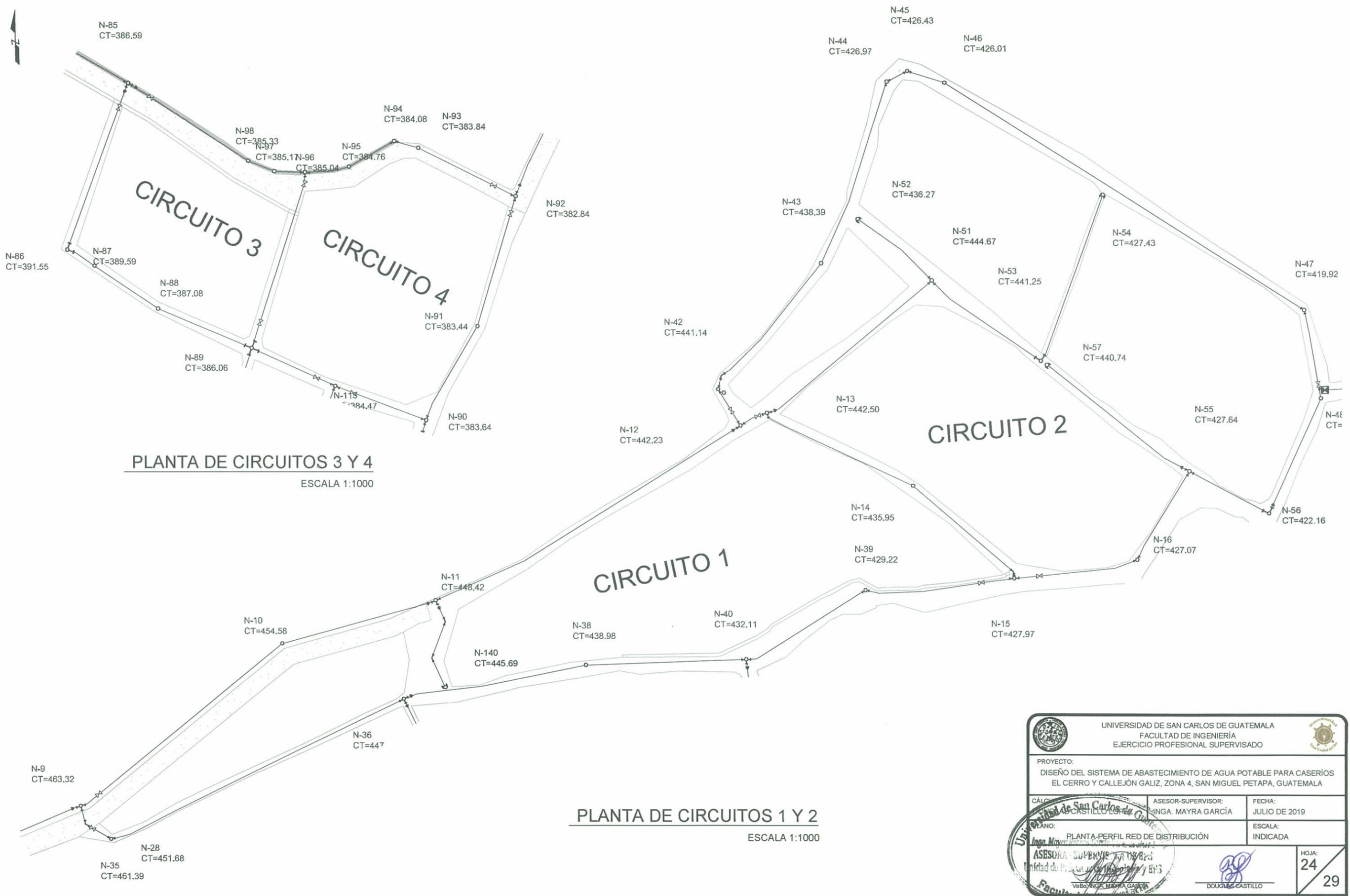
ESCALA:
INDICADA

ASESORA: [Signature]
Unidad de [Signature]

VoBo: INGA. MAYRA GARCÍA

DOUGLAS CASTILLO

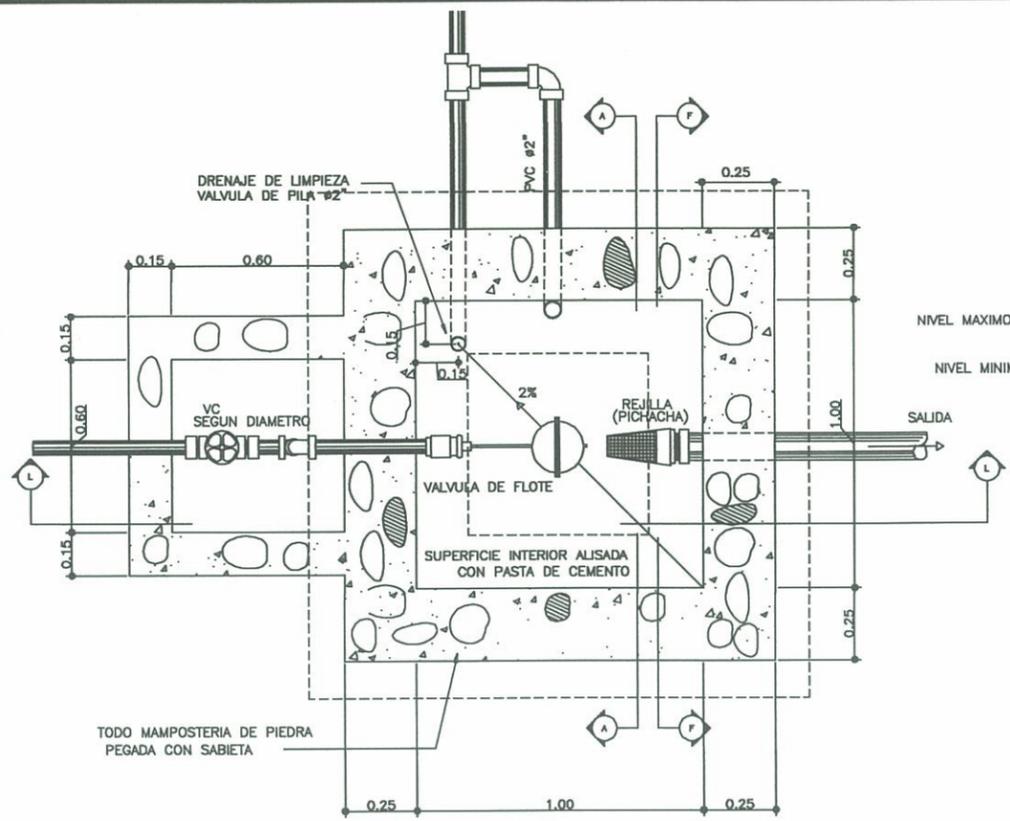
HOJA: 23 / 29



PLANTA DE CIRCUITOS 3 Y 4
ESCALA 1:1000

PLANTA DE CIRCUITOS 1 Y 2
ESCALA 1:1000

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPÁ, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANO: PLANTA-PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN		ESCALA: INDICADA
ASESORA-SUPERVISORA DE BPS Unidad de Práctica Profesional y BPS Inga. Mayra García		HOJA: 24 29



PLANTA CAJA ROMPEPRESIÓN CON VÁLVULA DE FLOTE

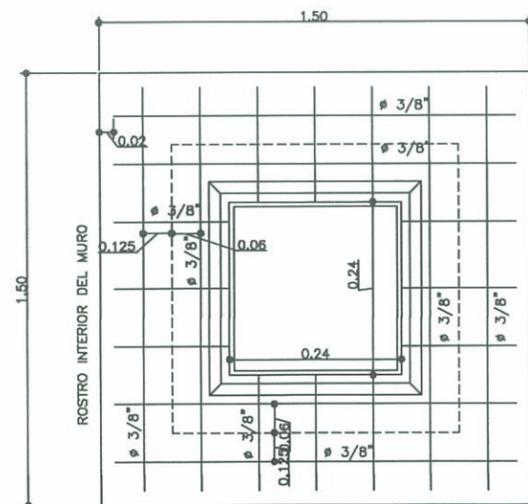
ESCALA 1:25

MATERIALES

- MAMPOSTERIA DE PIEDRA:
SE HARA LA PROPORCIÓN EN VOLUMEN (1:2):
1 M³ DE MORTERO Y 2 M³ DE PIEDRA BOLA
EL CONCRETO A UTILIZAR: SABIETA
PROPORCIÓN DE LA MEZCLA CEMENTO-ARENA (1:3):
12 SACO DE CEMENTO Y 1.33 M³ DE ARENA
- CONCRETO:
F_c = 210 Kg / cm² = 3,000 lbs / plg².
PROPORCIÓN DE MEZCLA CEMENTO-ARENA-PIEDRIN (1:2:2):
10 SACOS CEMENTO, 0.55 M³ ARENA Y 0.55 M³ PIEDRIN.
- ACERO DE REFUERZO:
F_y = 2810 Kg / cm² = 40,000 lbs / plg².
ESPECIFICACIÓN ASTM A615

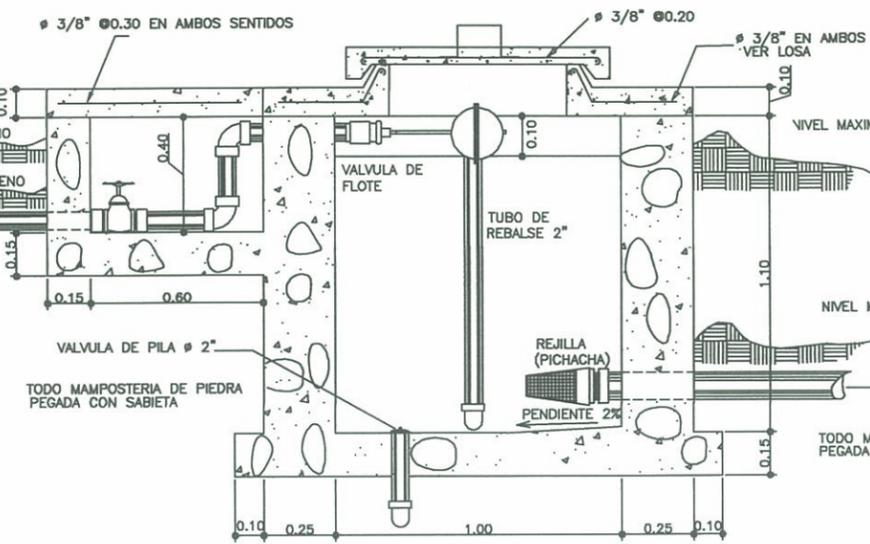
ESPECIFICACIONES:

- MUROS:
LOS MUROS ESTÁN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SUPERFICIALES COMO ENTERRADOS. LOS MUROS DEBEN IMPERMEABILIZARSE EN SU INTERIOR POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DEBIDAMENTE ALISADO
- VARIOS:
- LOS RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS SERÁN DE 3 CM. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MIDE ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- EL TERRENO BAJO LA CAJA DEBERA ESTAR PERFECTAMENTE APISONADO.
- LA SUPERFICIE DE LA TAPADERA DEBERAN QUEDAR CERNIDA



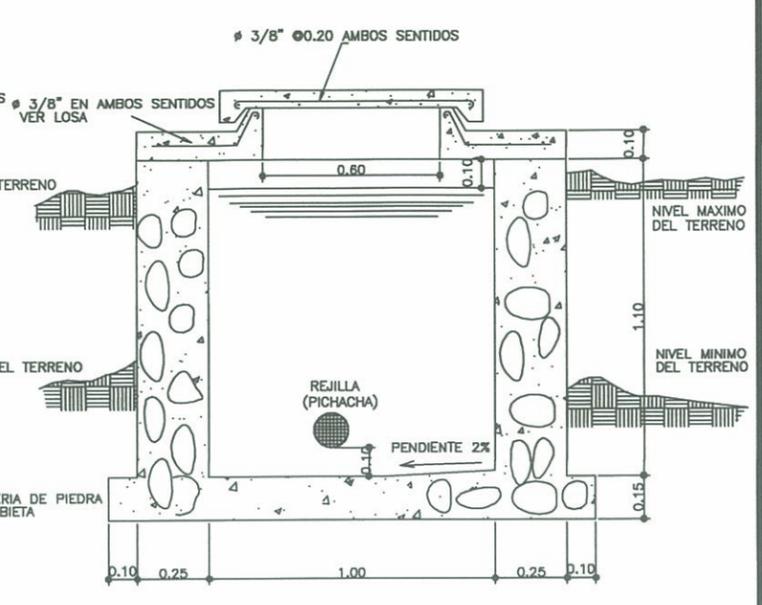
DETALLE LOSA

ESCALA 1:25



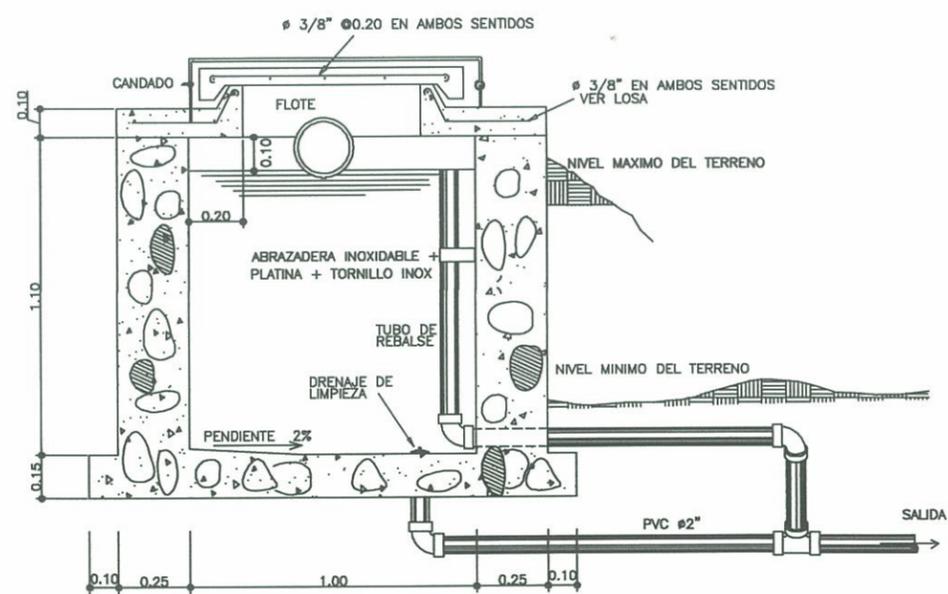
SECCIÓN L-L

ESCALA 1:25



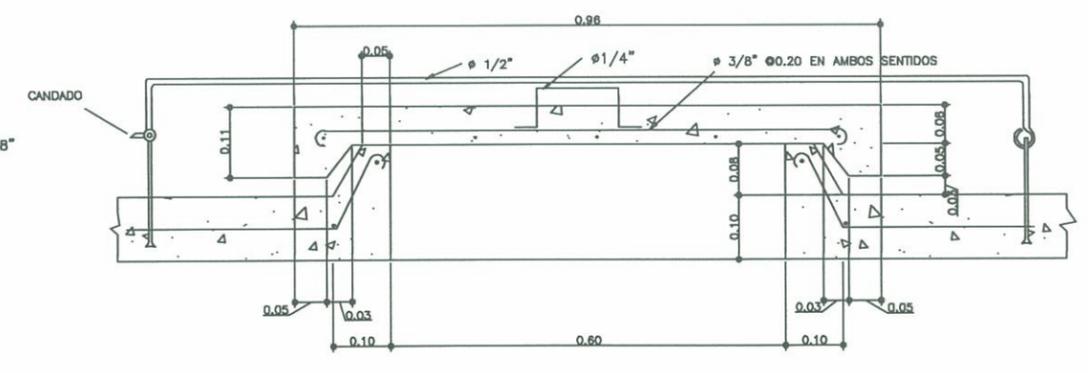
SECCIÓN F-F

ESCALA 1:25



SECCIÓN A-A

ESCALA 1:25



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 12:5

VÁLVULA DE FLOTE

MATERIALES

- CUERPO Y VARILLA: BRONCE
- SELLO: CAUCHO
- PELOTA: COBRE

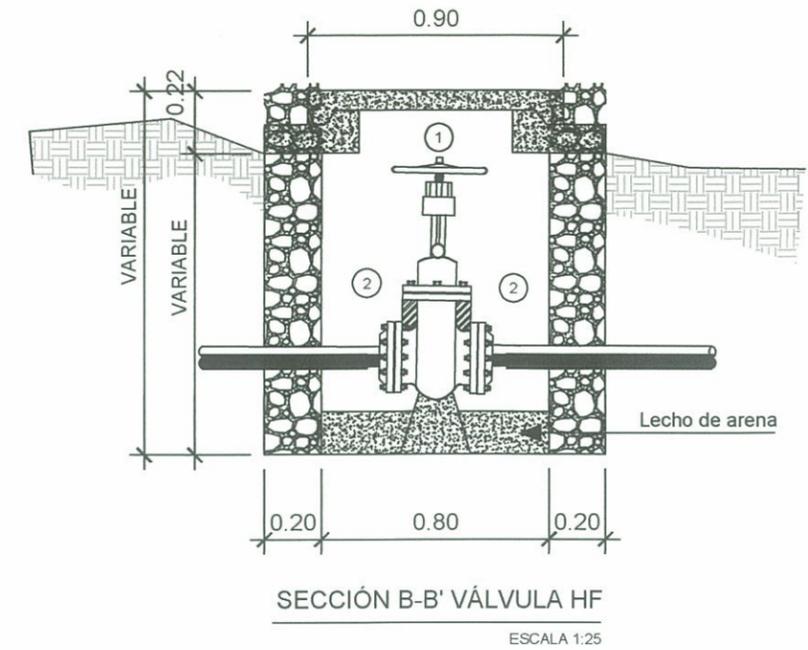
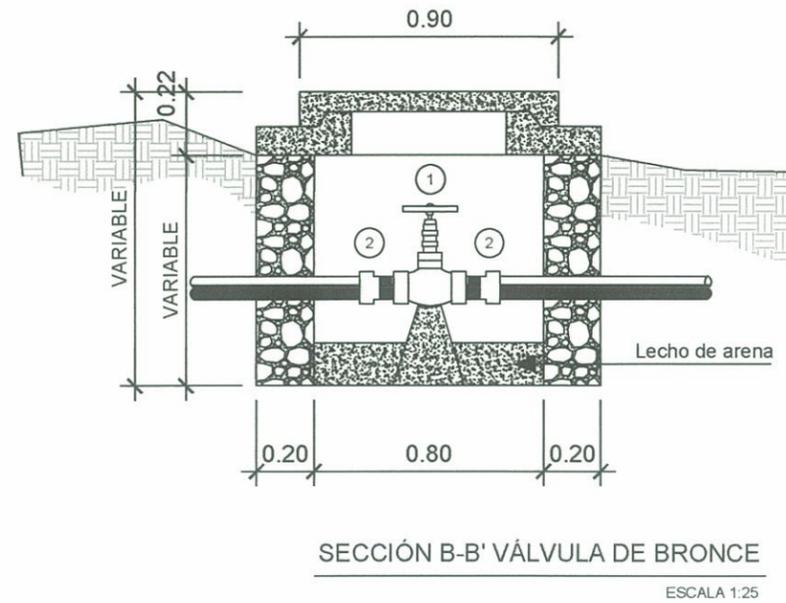
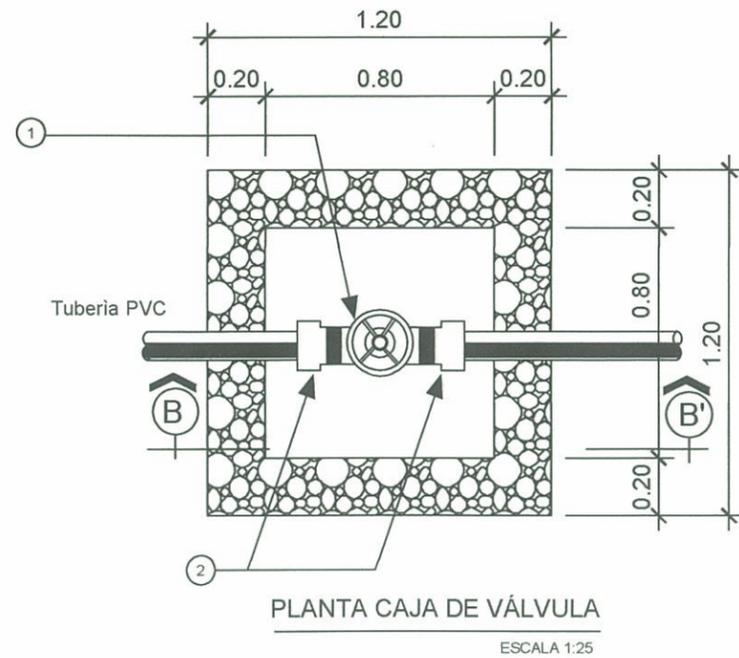
INSTALACIÓN

HORIZONTAL, CON DESVIACIÓN MÁXIMA PERMITIDA DE 45°

REFERENCIAS

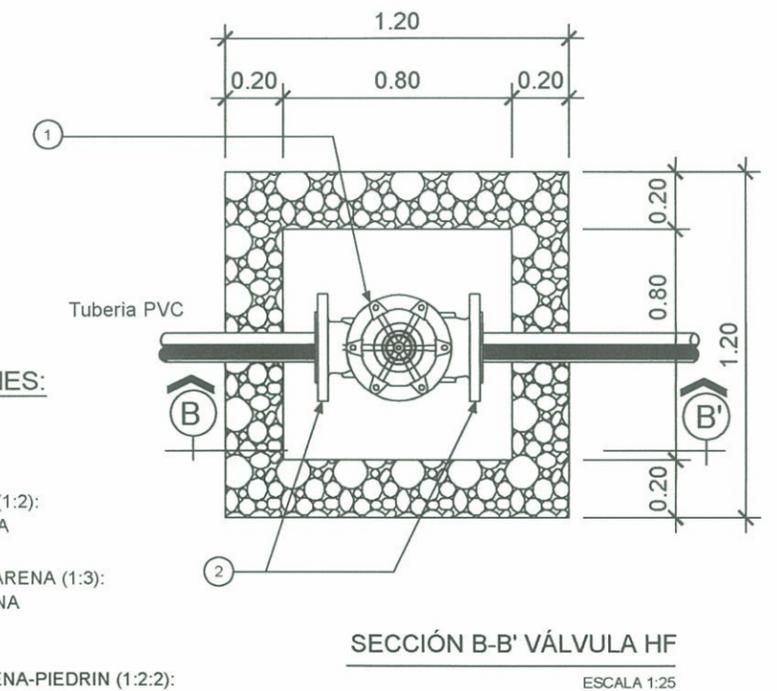
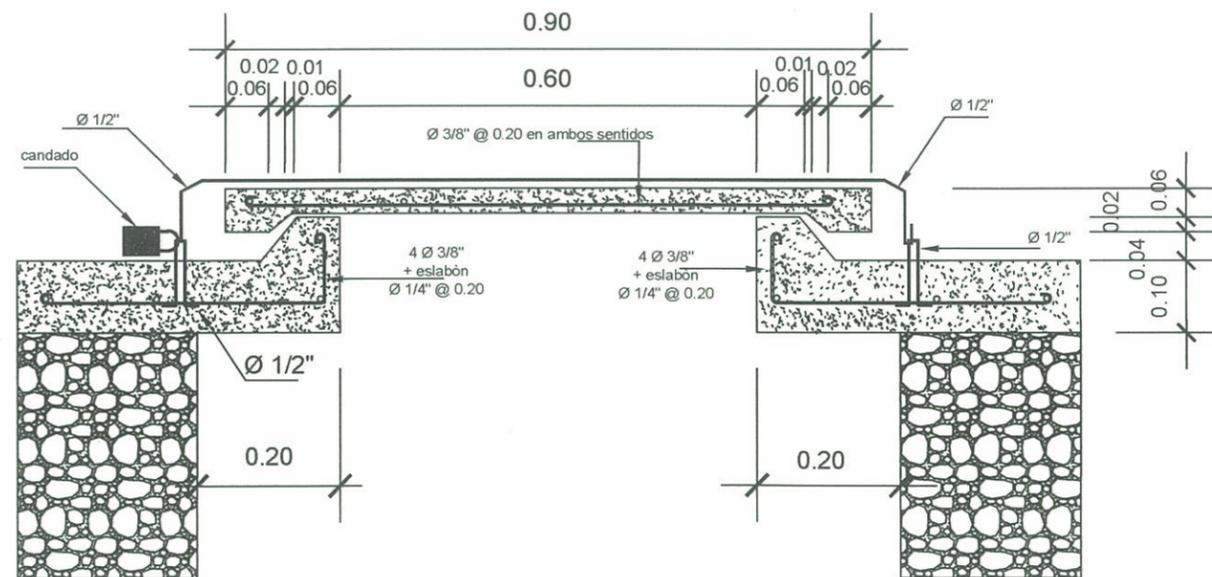
EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE REBALSE SERÁ MAYOR QUE EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE ENTRADA Y EL MÍNIMO SERÁ 2"

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA			
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LOPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019	
TÍTULO: CAJA ROMPEPRESIÓN CON VÁLVULA FLOTE			ESCALA: INDICADA
			HOJA: 25 29



REFERENCIA

1. PARA Ø HASTA 4" VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE, PARA Ø=6" VÁLVULA DE COMPUERTA DE H.F.
2. PARA Ø HASTA 4" ADAPTADOR MACHO PVC, PARA Ø=6" FLANGE PVC

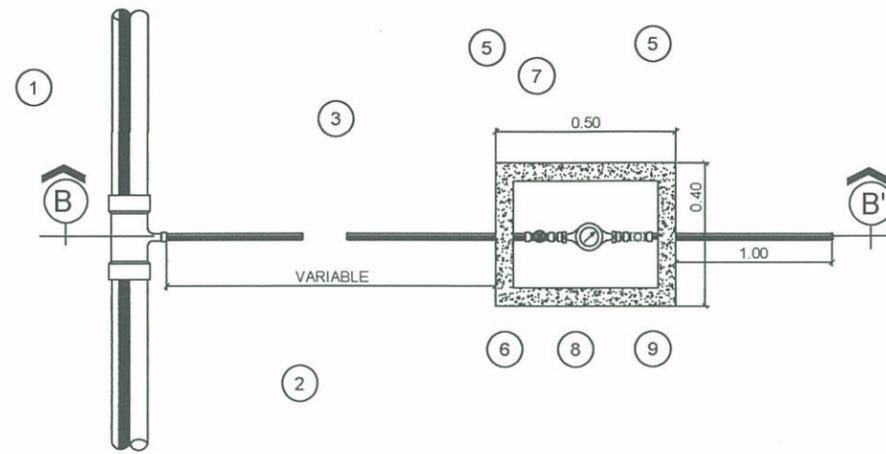


ESPECIFICACIONES:

MATERIALES

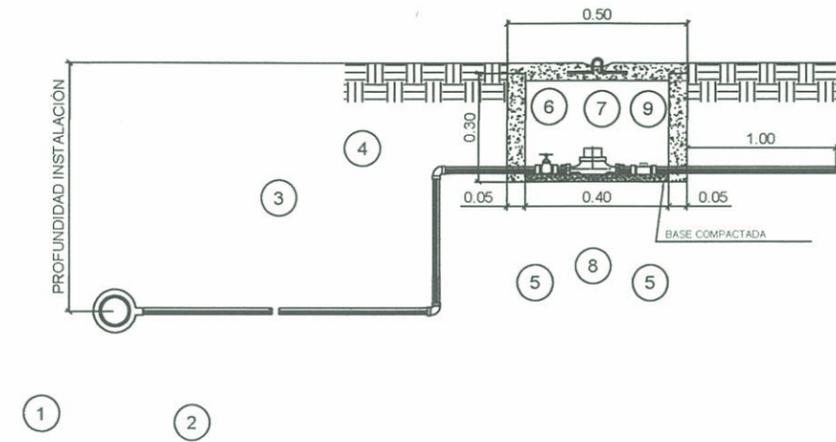
1. MAMPOSTERIA DE PIEDRA:
SE HARA LA PROPORCIÓN EN VOLUMEN (1:2):
1 M³ DE MORTERO Y 2 M³ DE PIEDRA BOLA
EL CONCRETO A UTILIZAR: SABIETA
PROPORCIÓN DE LA MEZCLA CEMENTO-ARENA (1:3):
12 SACO DE CEMENTO Y 1.33 M³ DE ARENA
2. CONCRETO:
 $F'c = 210 \text{ Kg / cm}^2 = 3,000 \text{ lbs / plg}^2$.
PROPORCIÓN DE MEZCLA CEMENTO-ARENA-PIEDRIN (1:2:2):
10 SACOS CEMENTO, 0.55 M³ ARENA Y 0.55 M³ PIEDRIN.
3. ACERO DE REFUERZO:
 $Fy = 2810 \text{ Kg / cm}^2 = 40,000 \text{ lbs / plg}^2$.
ESPECIFICACIÓN ASTM A615
4. MUROS:
LOS MUROS ESTÁN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SUPERFICIALES COMO ENTERRADOS. LOS MUROS DEBEN IMPERMEABILIZARSE EN SU INTERIOR POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DEBIDAMENTE ALISADO
5. LOS RECUBRIMIENTOS MINIMOS SERÁN DE 3 CM. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
6. EL TERRENO BAJO LA CAJA DEBERA ESTAR PERFECTAMENTE APISONADO.
7. LA SUPERFICIE DE LA TAPADERA DEBERAN QUEDAR CERNIDA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ	ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019
PLANO: DETALLES CAJAS DE VÁLVULAS		ESCALA: INDICADA
 VGB. INGA MAYRA GARCÍA		 DOUGLAS CASTILLO
		HOJA: 26 29



PLANTA ACOMETIDA DOMICILIAR

ESCALA 1:20



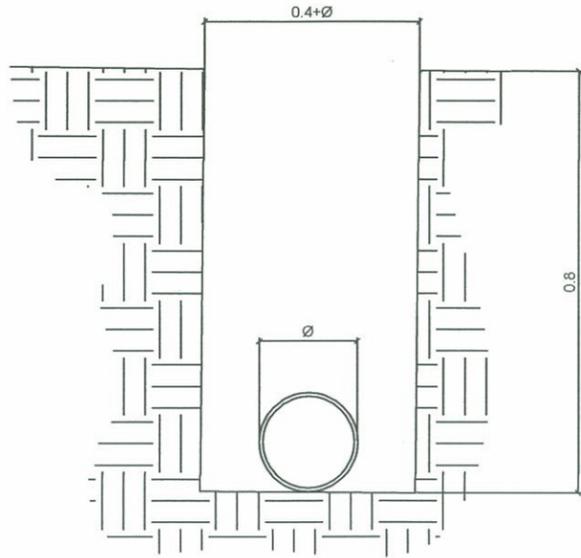
SECCIÓN B-B'

ESCALA 1:20

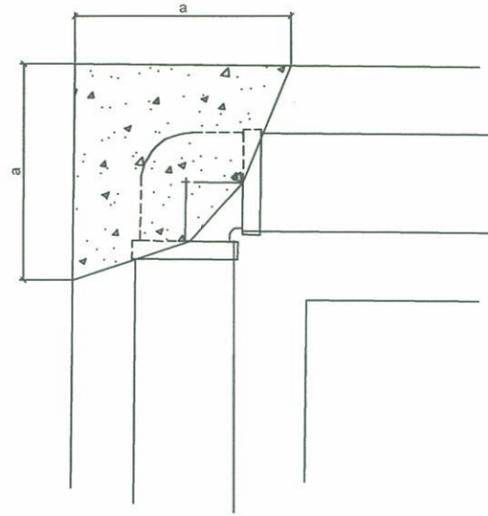
REFERENCIA

1. TUBERÍA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
2. TEE REDUCTORA Ø LÍNEA DISTRIBUCIÓN x Ø 1/2"
3. TUBERÍA PVC Ø 1/2"
4. CODO 90° Ø 1/2"
5. ADAPTADOR MACHO PVC
6. LLAVE DE PASO Ø 1/2"
7. CONTADOR Ø 1/2"
8. ADAPTADOR HEMBRA 1/2"
9. LLAVE DE CHEQUE Ø 1/2"

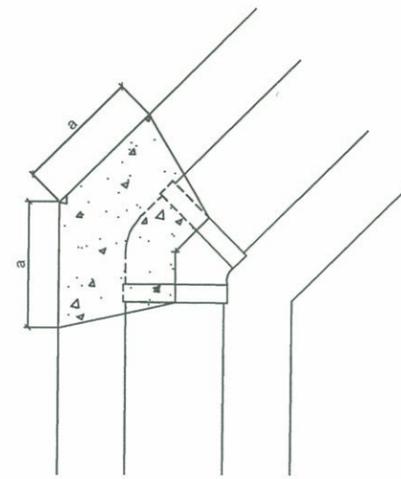
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA			
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO	ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA	FECHA: JULIO DE 2019	
PLANO: DETALLE ACOMETIDA DOMICILIAR	ESCALA: INDICADA	HOJA: 27 / 29	
			 DOUGLAS CASTILLO



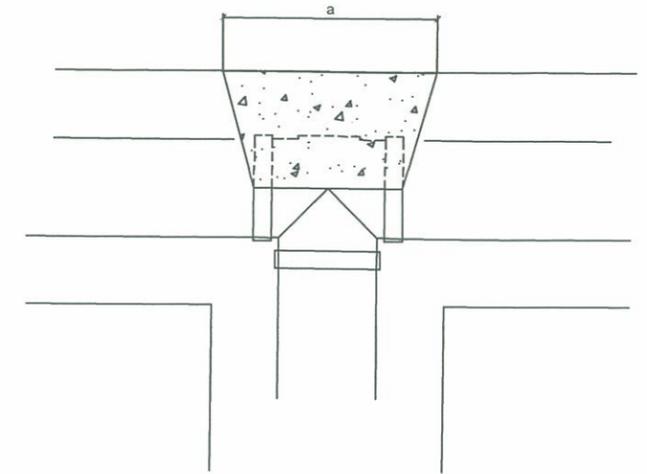
SECCIÓN TÍPICA EXCAVACIÓN ZANJA
SIN ESCALA



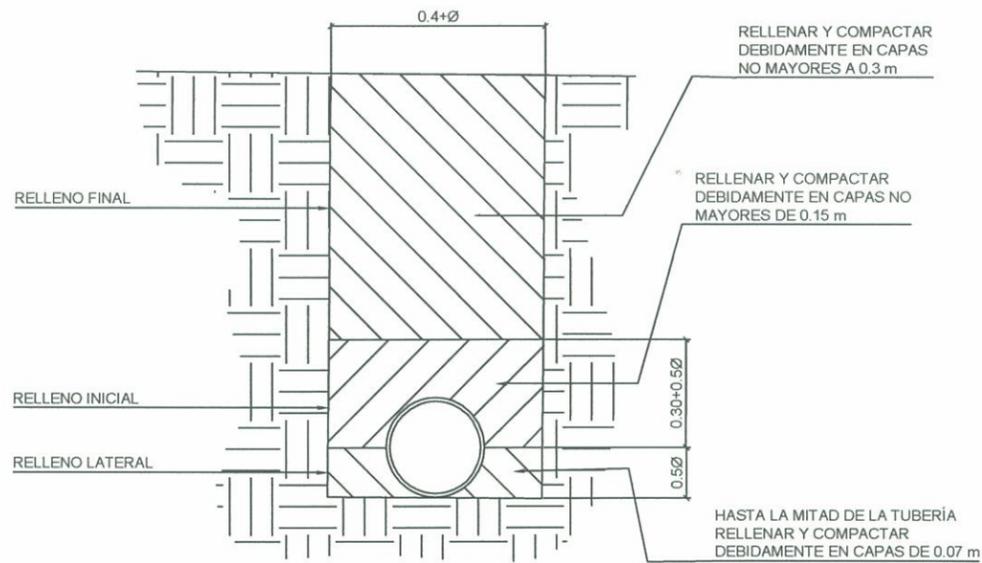
ANCLAJE CODO 90°
SIN ESCALA



ANCLAJE CODO 45°
SIN ESCALA



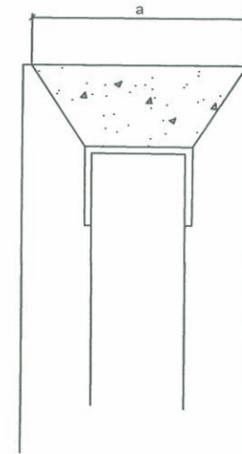
ANCLAJE TEE
SIN ESCALA



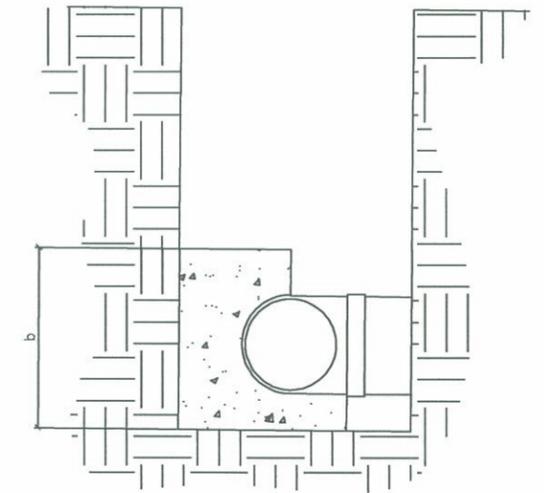
SECCIÓN TÍPICA RELLENO EN ZANJA
SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES

1. LOS ANCLAJES SERÁN DE CONCRETO SIMPLE DE 3000 psi
2. LOS ANCLAJES DEBEN SER FUNDIDOS CONTRA ESTRUCTURAS O TERRENOS CORTADOS NO REMOVIDOS
3. LAS DIMENSIONES INDICADAS SON LAS MÍNIMAS RECOMENDABLES



ANCLAJE TAPÓN
SIN ESCALA



SECCIÓN TÍPICA ANCLAJES
SIN ESCALA

ANCLAJE CODO 45°		
Ø	a	b
<2"	0.15 m	0.30 m
2 1/2" A 4"	0.15 m	0.35 m
6"	0.20 m	0.42 m

ANCLAJE CODO 90°		
Ø	a	b
<2"	0.15 m	0.30 m
2 1/2" A 4"	0.15 m	0.35 m
6"	0.25 m	0.42 m

ANCLAJE TEE		
Ø	a	b
<2"	0.15 m	0.30 m
2 1/2" A 4"	0.15 m	0.36 m
6"	0.25 m	0.41 m

ANCLAJE TAPON		
Ø	a	b
<2"	0.15 m	0.30 m
2 1/2" A 4"	0.15 m	0.36 m
6"	0.25 m	0.41 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS
EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

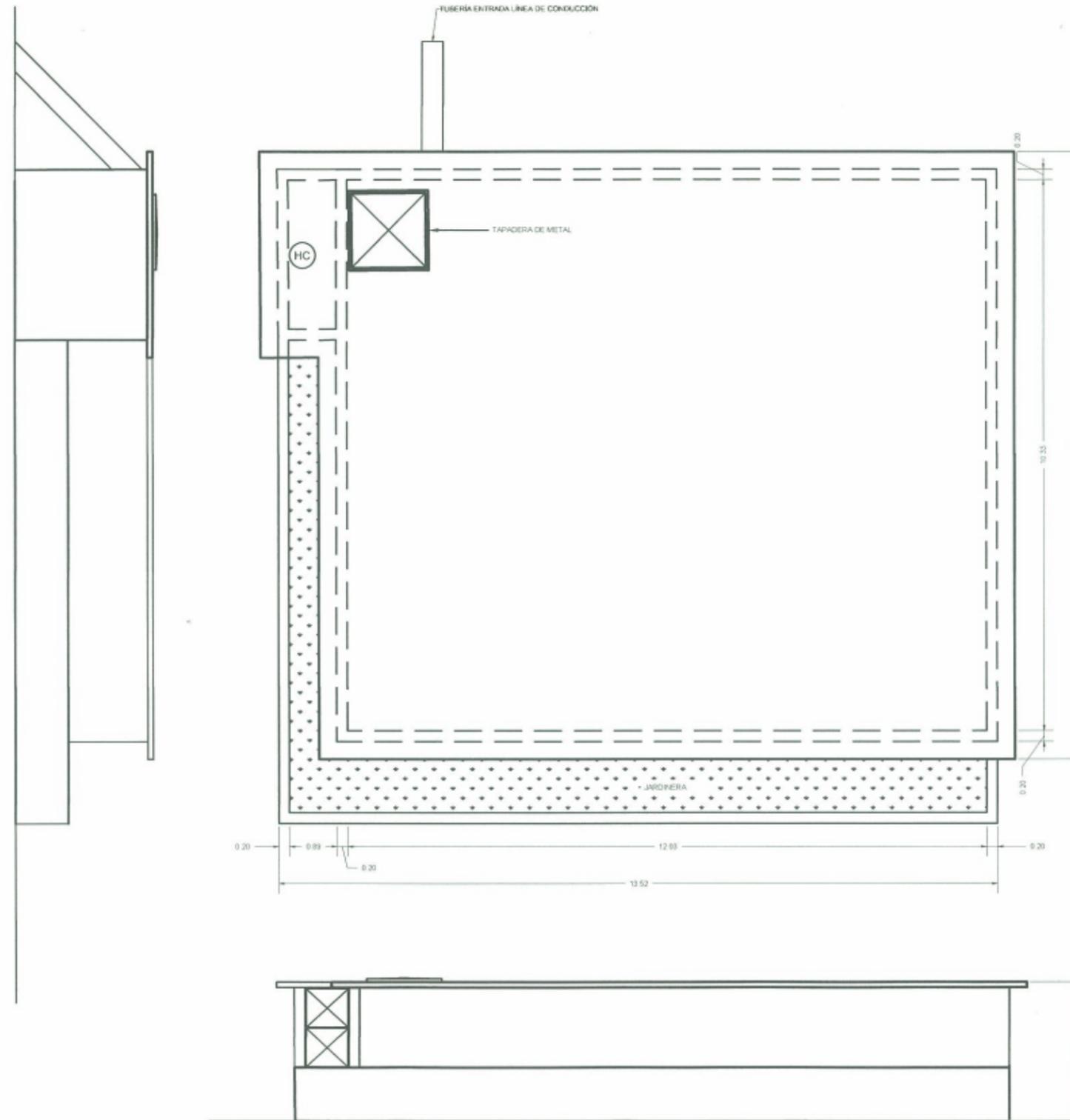
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LOPEZ
ASESOR-SUPERVISOR: INGA MAYRA GARCÍA
FECHA: JULIO DE 2019

PLANO: DETALLE DE ZANJAS Y ANCLAJES
ESCALA: INDICADA

ASESORA SUPERVISORA
INGA MAYRA GARCÍA
VoBo. INGA MAYRA GARCÍA

DOUGLAS CASTILLO

HOJA: 28 / 29

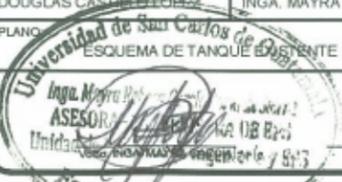


ESQUEMA TANQUE EXISTENTE

ESCALA 1:50

REMOZAMIENTO DE TANQUE EXISTENTE

1. REMOCIÓN DE ACABADO EXISTENTE EN EL INTERIOR Y RESANADO DE GRIETAS, POSTERIORMENTE SE DEBERÁ APLICAR UN MORTERO CEMENTICIO COMO PROTECCIÓN DE BARRERA PRIMARIA DE ALTA RESISTENCIA A QUÍMICOS Y CONDICIONES DE INMERSIÓN CONSTANTE. ADICIONALMENTE SE DEBERÁN APLICAR DOS CAPAS DE BICOMPONENTE EPÓXICO PARA LA PROTECCIÓN DE PAREDES INTERNAS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE.
2. REMOCIÓN DE PINTURA ANTIGUA EN TAPADERA DE ACCESO Y PUERTA DE ACCESO A LA CASETA DE CLORACIÓN, APLICANDO PINTURA ANTICORROSIVA.
3. APLICACIÓN DE PINTURA IMPERMEABILIZANTE EN EL EXTERIOR DE LA LOSA Y MUROS DEL TANQUE.

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO					
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA					
CÁLCULO: DOUGLAS CASTILLO LÓPEZ		ASESOR-SUPERVISOR: INGA. MAYRA GARCÍA		FECHA: JULIO DE 2019	
PLANO: ESQUEMA DE TANQUE EXISTENTE				ESCALA: INDICADA	
					HOJA: 29 29

Apéndice 5. Evaluación ambiental inicial



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

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

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<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: vunica@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;">No. Expediente:</p> <p style="text-align: center;">Clasificación del Listado Taxativo 3600</p> <p style="text-align: center;">Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
<p>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p> <p style="text-align: center;">CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CASERÍOS EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p> <p>El proyecto consta de la construcción de cuatro mil setecientos ochenta y un metros lineales (m) con cuarenta y tres centímetros (4781.43 m) de tubería de distintos diámetros para la red de distribución que abastece ambos caseríos de agua potable, así como trabajos de remozamiento al tanque existente.</p>	
<p>I.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p style="padding-left: 20px;">A.1. Representante Legal:</p> <p style="padding-left: 20px;">A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):</p> <p>_____</p>	
<p>B) De la empresa: Municipalidad de San Miguel Petapa</p> <p>Razón social: <u>Organización Gubernamental</u></p> <p>Nombre Comercial: <u>Municipalidad de San Miguel Petapa</u></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;">dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

D) De la Empresa y/o persona individual:
Número de Identificación Tributaria (NIT): 672030-7

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono <u>66621111</u>	Correo electrónico: <u>alcaldia@munisanmiguelpetapa.gob.gt</u>
I.4 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)	
Caserío El Cerro, Zona 4, San Miguel Petapa	
Especificar Coordenadas Geográficas	
Coordenadas Geográficas Datum WGS84	
Tanque de distribución: Lat: 14.484229 N, Long 90.544875 W	
Fuente de abastecimiento: Lat: 14.486357 N, Long: 90.545034 W	
I.5 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)	
1ª. Calle 1-56 zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala	
I.6 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	

II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Trazo y estaqueado 2. Zanjeo 3. Retiro de material 4. Colocación de tubería 5. Relleno lateral, inicial y final en tubería 6. Compactación 7. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de tuberías 2. Mantenimiento de tuberías 3. Mantenimiento de pozo mecánico • Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua Potable 2. Energía Eléctrica • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) 	<ul style="list-style-type: none"> •

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

<p>3. Combustibles 3.1 Gasolina (40 Gal / día) 3.2 Diésel (75 Gal / día) 4. Aceites (55 Gal / día) 5. Refrigerantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones de volteo 2. Compactadores de mano • Otros de relevancia • Bodega 	<p>1. Bomba de agua potable 2. Servicios de limpieza municipal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horario de Trabajo <ol style="list-style-type: none"> 1. 8 horas • Otros de relevancia 	
--	--	--

II.3 Área

a) Área total de terreno en metros cuadrados: 294,094.69

b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 28700.46
Área total de construcción en metros cuadrados: 2868.858

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN																		
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p>NORTE <u>Ladera, viviendas</u> SUR <u>Cementerio de Villa Canales, Parque Municipal La Cerra</u> ESTE <u>Río Platanitos</u> OESTE <u>Ladera</u></p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladera</td> <td>Norte, Oeste</td> <td>50 m</td> </tr> <tr> <td>Viviendas</td> <td>Norte</td> <td>2 m</td> </tr> <tr> <td>Cementerio de Villa Canales</td> <td>Sur</td> <td>10 m</td> </tr> <tr> <td>Río Platanitos</td> <td>Este</td> <td>50 m</td> </tr> <tr> <td>Parque Municipal La Cerra</td> <td>Sur</td> <td>10 m</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Ladera	Norte, Oeste	50 m	Viviendas	Norte	2 m	Cementerio de Villa Canales	Sur	10 m	Río Platanitos	Este	50 m	Parque Municipal La Cerra	Sur	10 m
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																		
Ladera	Norte, Oeste	50 m																		
Viviendas	Norte	2 m																		
Cementerio de Villa Canales	Sur	10 m																		
Río Platanitos	Este	50 m																		
Parque Municipal La Cerra	Sur	10 m																		
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p style="text-align: center;">Noroeste</p>																				
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos (X) d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio (X) e) Otro ()</p> <p>Detalle la información. <u>El proyecto se encuentra ubicado en una zona de pendientes fuertes, rodeado por laderas, y en cercanías de el Parque Municipal La Cerra, el cual cuenta con amplia cobertura boscosa</u></p>																				

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:    

Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____

b) Número de empleados por jornada _____ 20-30 _____ Total empleados _____ 30 _____

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...

Si

INSTRUCCIONES PARA USO INTERNO DEL MARN

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	8 m ³ /día	Municipalidad	Construcción		Camiones Cisterna
	Pozo	No					
	Agua especial	Si	1 m ³ /día	Privado	Limpieza		Depósito agua potable
	Superficial	No					
Combustible	Otro						
	Gasolina	Si	20 gal/día	Gasolinera	Maquinaria y equipo		Recipientes para combustible
	Diesel	Si	50 gal/día	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes para combustible
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	Solubles	Si	5 botes	Privado			
	No solubles						

Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

Refrigerantes		Si	15 Gal	Privado	Maquinaria		Recipientes plásticos
Otros							

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

III. IMPACTO AL AIRE

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?

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?

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? No	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Maquinaria, equipo, vehículos motorizados	
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Se generará ruido en un rango inferior a 70 db, los cuales presentan una atenuación grande a distancias pequeñas, por lo que el efecto sobre la población no será significativo, para evitar el deterioro auditivo de los trabajadores se recomienda utilizar protección auditiva.	
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: No	
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? No aplica	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 5.



FORMATO

DVGA-GA-002

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

IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, 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, hospitalarias)
- c) Mezcla de las anteriores
- d) Otro;

Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado

IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
<ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Etc. 	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
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	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
Se captará superficialmente y será dispuesta hacia zanjones y río contiguos al proyecto	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:

a) Similar al de una residencia 11 libras/día _____

b) Generación entre 11 a 222 libras/día _____

c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día _____

d) Generación mayor a 1000 libras por día _____

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.):

Basura común y orgánica

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?

No aplica

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado

No aplica

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado

Servicio municipal de recolección de basura

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?

No

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)

Basurero Municipal

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 200 kWh _____	
VI. 2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público _____	
b) Sistema privado _____ Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?	
SI _____ NO _____ X _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?	
Uso de energía en horarios de trabajo únicamente	
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 _____	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 5.



FORMATO

DVGA-GA-002

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

<p>Especificar información _____</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? Las áreas de ocupación del proyecto se encuentran habitadas actualmente</p>
<p>VIII. TRANSPORTE</p> <p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos <u>5 vehículos</u></p> <p>b) Tipo de vehículo <u>Liviano</u></p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: <u>A un costado de la calle que conduce al caserío El Cerro (A=100m2)</u></p> <p>d) Horario de circulación vehicular <u>9:00 – 17:00</u></p> <p>e) Vías alternas <u>Carretera a Villa Canales</u></p>
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p> <p>ASPECTOS CULTURALES</p> <p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Si, Mestiza</p>

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.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 encuentra 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>La actividad se desarrollará en cercanías del parque municipal la Cerra, sin embargo, las áreas en las que se desarrollará se encuentran habitadas habitualmente, no se prevé que genere impacto sobre los recursos del parque.</p>	
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO ()</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? No Aplica</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? No Aplica</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué? No se afectará el paisaje, debido a que no se generarán cambios permanentes sobre el terreno, por encima del nivel del suelo.</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 5.



FORMATO DVGA-GA-002

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

<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 cuales serían las actividades riesgosas:</p> <p style="text-align: center;">No existen riesgos de salud asociados a las actividades de construcción</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:</p> <p style="text-align: center;">Las actividades no representan un riesgo para los trabajadores, al existir una correcta supervisión y medidas de seguridad</p> <p>Equipo de protección personal</p> <p>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 y chaleco reflectivo</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?</p> <p>A través de una correcta socialización del proyecto con la comunidad, y coordinación con los líderes comunitarios, y a través del control de los horarios de las actividades que generen mayores molestias. Adicionalmente para reducir los riesgos laborales se proveerá información a los trabajadores sobre las medidas de seguridad a tomar en la obra.</p>

Apéndice 6. **Metadatos para capa de predios**

No.	Tema	Subtema	Archivo <i>shapefile</i>
1	Datos Generales	Título del mapa:	Clasificación de uso de suelo sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1
2		Autor:	Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López
3		Nombre del archivo y formato:	VILLA_HERMOSA_SEC_1_2_3_FINAL.shp
4		Fecha de creación del dato geoespacial:	Mayo de 2019
5		Institución responsable:	Municipalidad San Miguel Petapa
6		Lugar y fecha de publicación:	Municipalidad San Miguel Petapa 2019
7		Escala:	1:10,000
8		Resumen:	La capa contiene la clasificación de uso de suelo para los sectores 1, 2 y 3 de la colonia Villa Hermosa 1, Zona 7 del municipio de San Miguel Petapa, de acuerdo con el sistema de clasificación propuesto por SEGEPLAN
9		Acceso en línea:	no al año 2019
10		Contacto de la persona primaria	
11		Persona de contacto	Fernando Guevara
12		Organización de contacto	Municipalidad de San Miguel Petapa
13		Dirección	1° calle 1-56, zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala

Continuación del apéndice 6.

15		Teléfono de contacto	6662-1111
16		Correo electrónico de contacto	catastro.munipetapa@gmail.com
17	Información de contacto	Contacto de la persona secundaria	
18		Persona de contacto	
19		Organización de contacto	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
20		Dirección	Mercado Nueva Concepción Villa Nueva
21		Teléfono de contacto	
22		Correo electrónico de contacto	info@mancogranciudadelsur.org
23		Ubicación Geográfica:	Coordenadas extremas:
24	Área geográfica que cubre el dato geoespacial:		Sectores 1,2 y 3 de colonia Villa Hermosa 1
25	Licencia de Uso:	Palabras claves para la búsqueda:	Uso de suelo, predios
26		Requisitos técnicos:	
27		Condiciones de acceso	S/D

Continuación del apéndice 6.

28		Condiciones de uso	MUNICIPALES OFICINA DE CATASTRO
29	Acerca de este documento	Fecha de creación o última actualización	26/07/2019
30		Fecha de última revisión	26/07/2019
31		Fecha de la siguiente revisión	
	Sistema de referencia		
32	Sistema de coordenadas (horizontal)	Denominación del sistema	GTM
33		Latitud de origen	0°
34		Longitud de Origen	90°30'
35		Unidades de las coordenadas Geográficas:	Metros
36	Modelo geodésico:	Datum horizontal:	<i>World Geodetic System 1984 (WGS 84)</i>
37		Elipsoide	WGS 84
38		Semieje mayor	6 378 137,0 m
40		Denominador del factor de achatamiento	298,257223563
41	Sistema de coordenadas (vertical)		GTM

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Metadatos para capa de calles**

No.	Tema	Sub-tema	Archivo <i>shapefile</i>
1	Datos Generales	Título del mapa:	Calles Sectores 1, 2 y 3 de Villa Hermosa 1
2		Autor:	Douglas Ferdy Ronaldo Castillo López
3		Nombre del archivo y formato:	CALLES.shp
4		Fecha de creación del dato geoespacial:	Mayo de 2019
5		Institución responsable:	Municipalidad San Miguel Petapa
6		Lugar y fecha de publicación:	Municipalidad San Miguel Petapa 2019
7		Escala:	1:10,000
8		Resumen:	La capa contiene información sobre las superficies de rodadura, y servicios públicos en las calles de los sectores 1,2 y 3 de la colonia Villa Hermosa 1, Zona 7, del municipio de San Miguel Petapa
9		Acceso en línea:	no al año 2019
10		Contacto de la persona primaria	
11		Persona de contacto	Fernando Guevara
12		Organización de contacto	Municipalidad de San Miguel Petapa
13		Dirección	1° Calle 1-56, zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala

Continuación del apéndice 7.

15		Teléfono de contacto	6662-1111
16		Correo electrónico de contacto	catastro.munipetapa@gmail.com
17	Información de contacto	Contacto de la persona secundaria	
18		Persona de contacto	
19		Organización de contacto	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
20		Dirección	Mercado Nueva Concepción Villa Nueva
21		Teléfono de contacto	
22		Correo electrónico de contacto	info@mancogranciudadelsur.org
23		Ubicación Geográfica:	Coordenadas extremas:
24	Área geográfica que cubre el dato geoespacial:		Sectores 1,2 y 3 de colonia Villa Hermosa 1
25	Licencia de Uso:	Palabras claves para la búsqueda:	Uso de Suelo, Predios
26		Requisitos técnicos:	
27		Condiciones de acceso	S/D
28		Condiciones de uso	MUNICIPALES OFICINA DE CATASTRO
29	Acerca de este documento	Fecha de creación o última actualización	26/07/2019
30		Fecha de última revisión	26/07/2019

Continuación del apéndice 7.

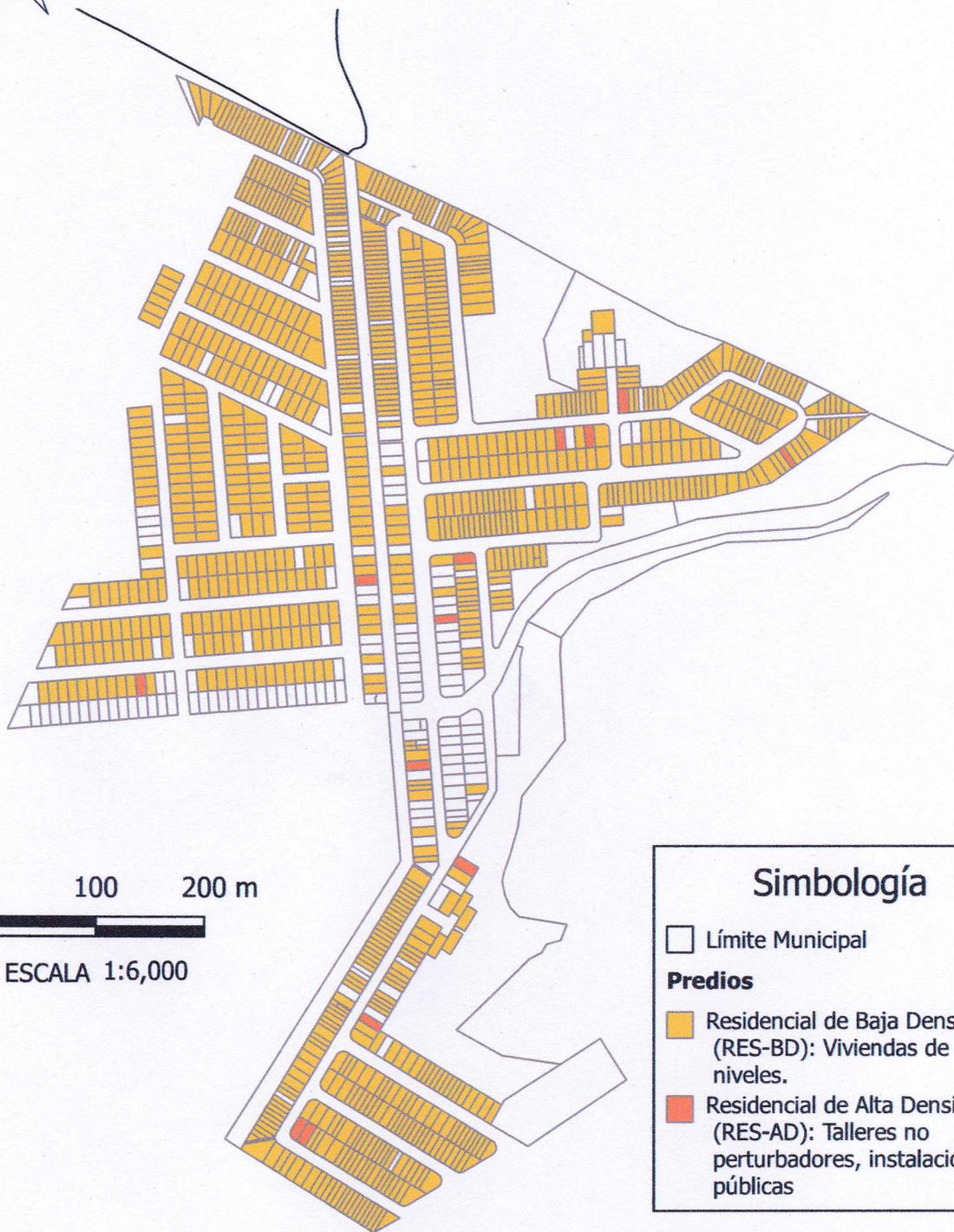
31		Fecha de la siguiente revisión	
	Sistema de referencia		
32		Denominación del sistema	GTM
33	Sistema de coordenadas (horizontal)	Latitud de Origen	0°
34		Longitud de Origen	90°30'
35		Unidades de las coordenadas Geográficas:	Metros
36		Datum horizontal:	<i>World Geodetic System 1984</i> (WGS 84)
37	Modelo geodésico:	Elipsoide	WGS 84
38		Semieje mayor	6378137.0 m
40		Denominador del factor de achatamiento	298.257223563
41	Sistema de coordenadas (vertical)		GTM

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

**Apéndice 8. Mapas de uso de suelo para sectores 1,2 y 3 de Villa
Hermosa 1**

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m



ESCALA 1:6,000

Simbología

□ Límite Municipal

Pedios

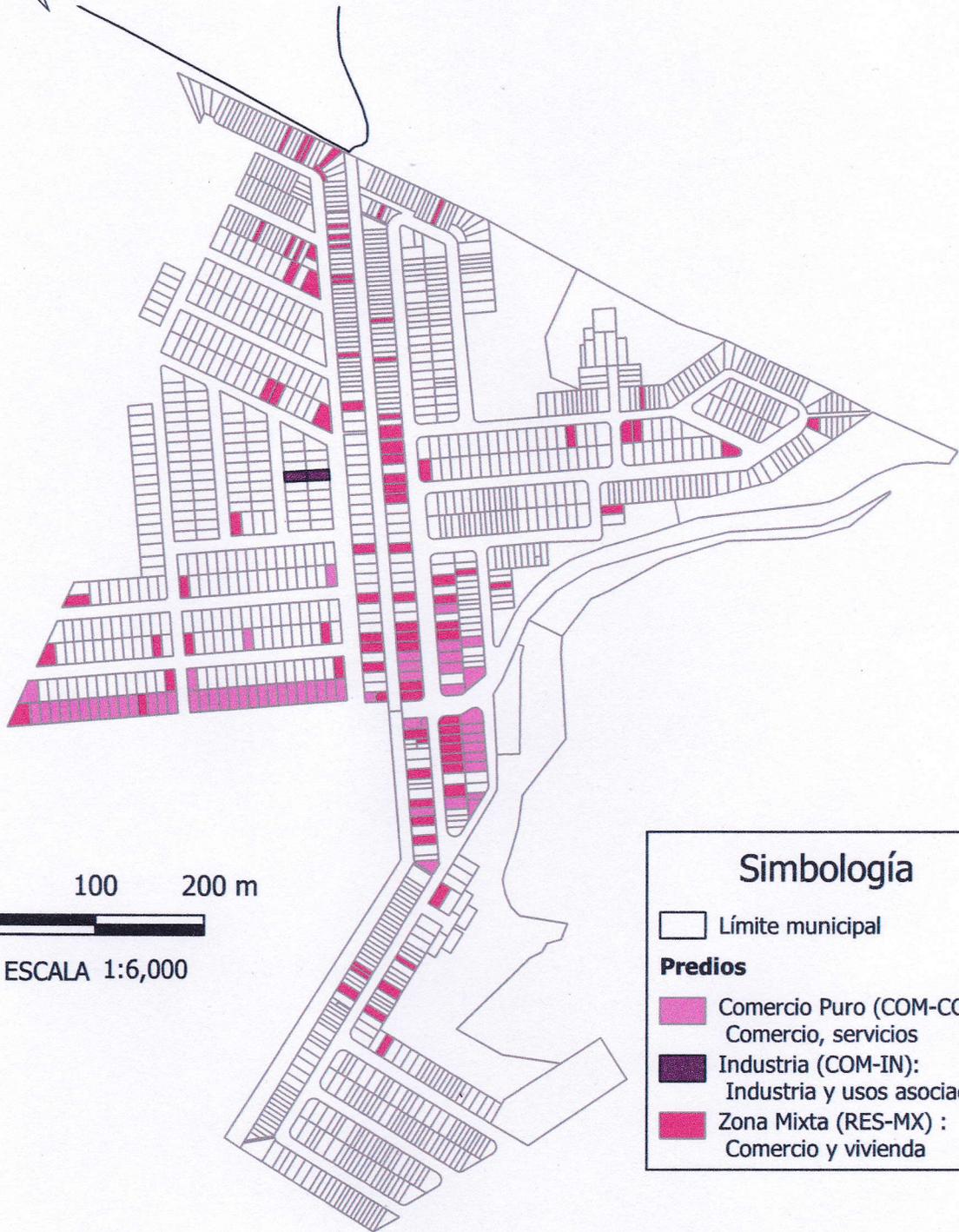
■ Residencial de Baja Densidad (RES-BD): Viviendas de 1 y 2 niveles.

■ Residencial de Alta Densidad (RES-AD): Talleres no perturbadores, instalaciones públicas

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Douglas Castillo
 Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
 Fecha: Julio de 2019



CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m



ESCALA 1:6,000

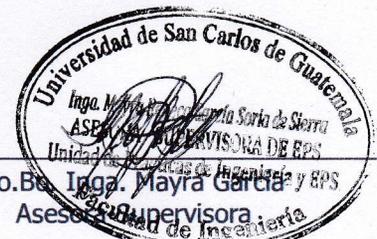
Simbología

Límite municipal

Predios

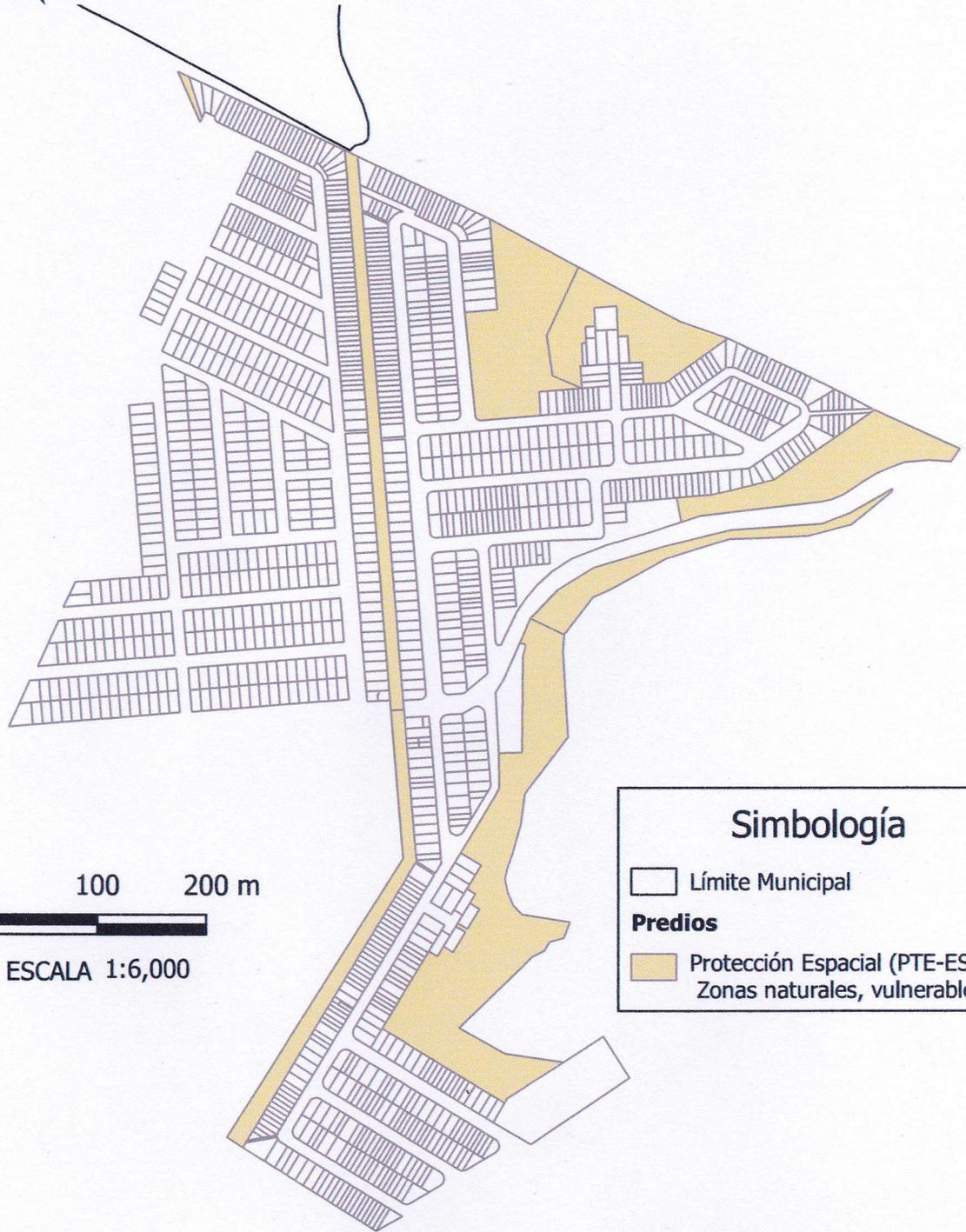
- Comercio Puro (COM-CO):
Comercio, servicios
- Industria (COM-IN):
Industria y usos asociados
- Zona Mixta (RES-MX) :
Comercio y vivienda

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Douglas Castillo
 Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
 Fecha: Julio de 2019



Vo.Bo. Inga. Mayra García
 Asesora Supervisora

CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m
ESCALA 1:6,000

Simbología

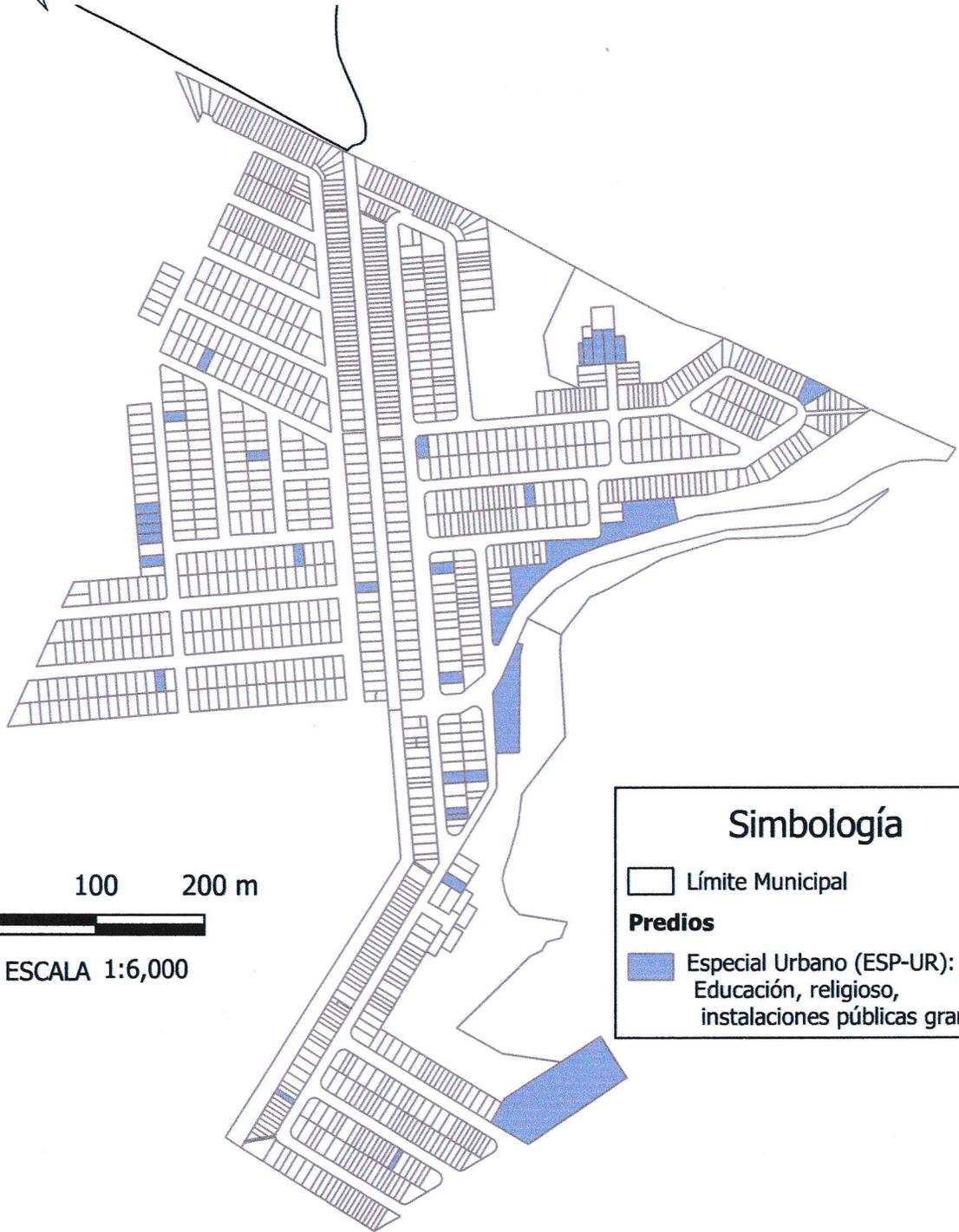
- Límite Municipal
- Predios**
- Protección Espacial (PTE-ESP): Zonas naturales, vulnerables

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Douglas Castillo
Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
Fecha: Julio de 2019



Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Mayra Dabon
ASESORÍA TÉCNICA DE EPS
Unidad de Asesoría de Ingeniería y EPS
Voz Bor Inga. Mayra García
Asesora Supervisora

CLASIFICACIÓN DE USO DE SUELO SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m



ESCALA 1:6,000

Simbología

 Límite Municipal

Pedios

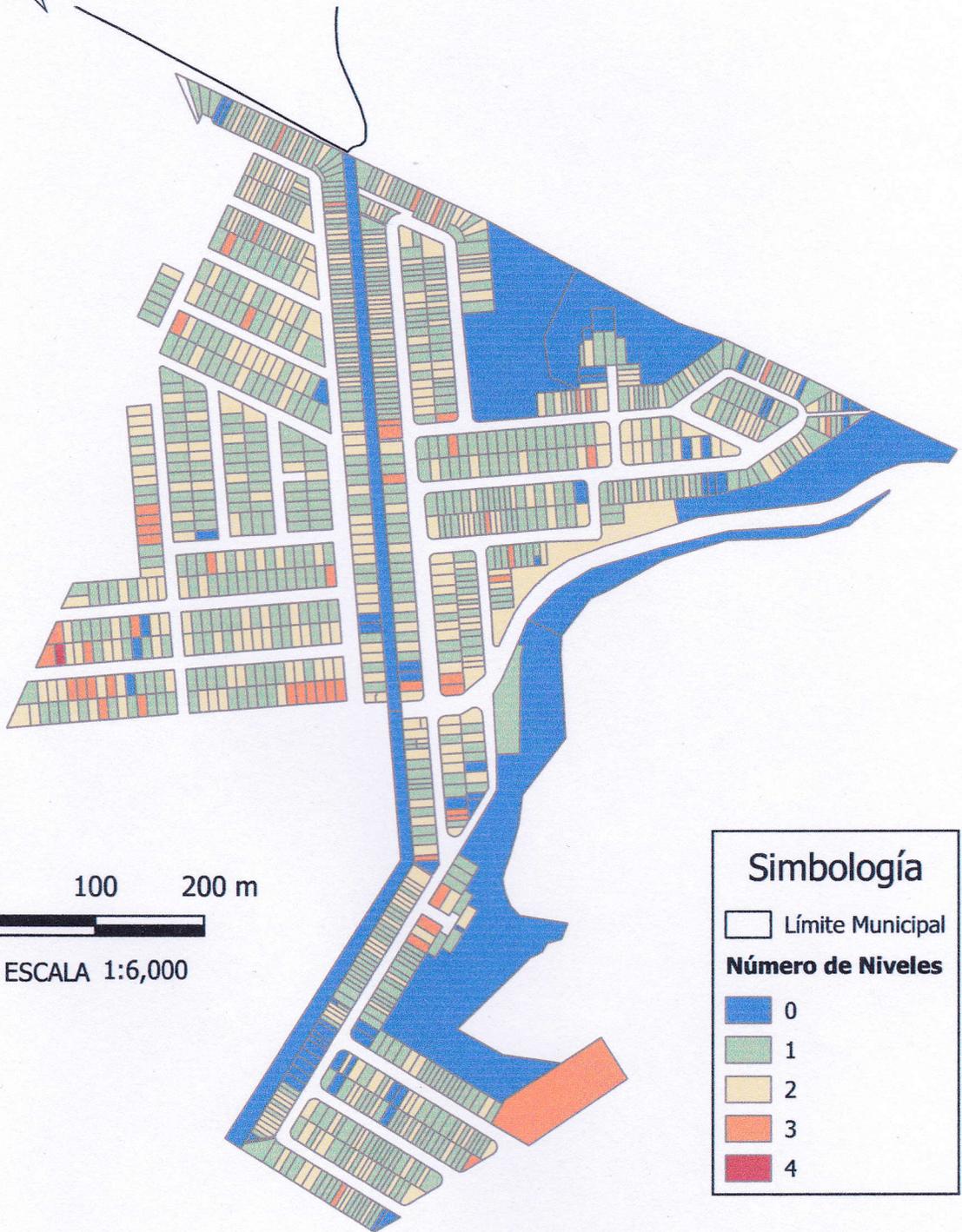
 Especial Urbano (ESP-UR):
Educación, religioso,
instalaciones públicas grandes

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Douglas Castillo
Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
Fecha: Julio de 2019




Vo.Bo. Inga Mayra García
Asesora-Supervisora

NÚMERO DE NIVELES DE CONSTRUCCIÓN EN LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m
ESCALA 1:6,000

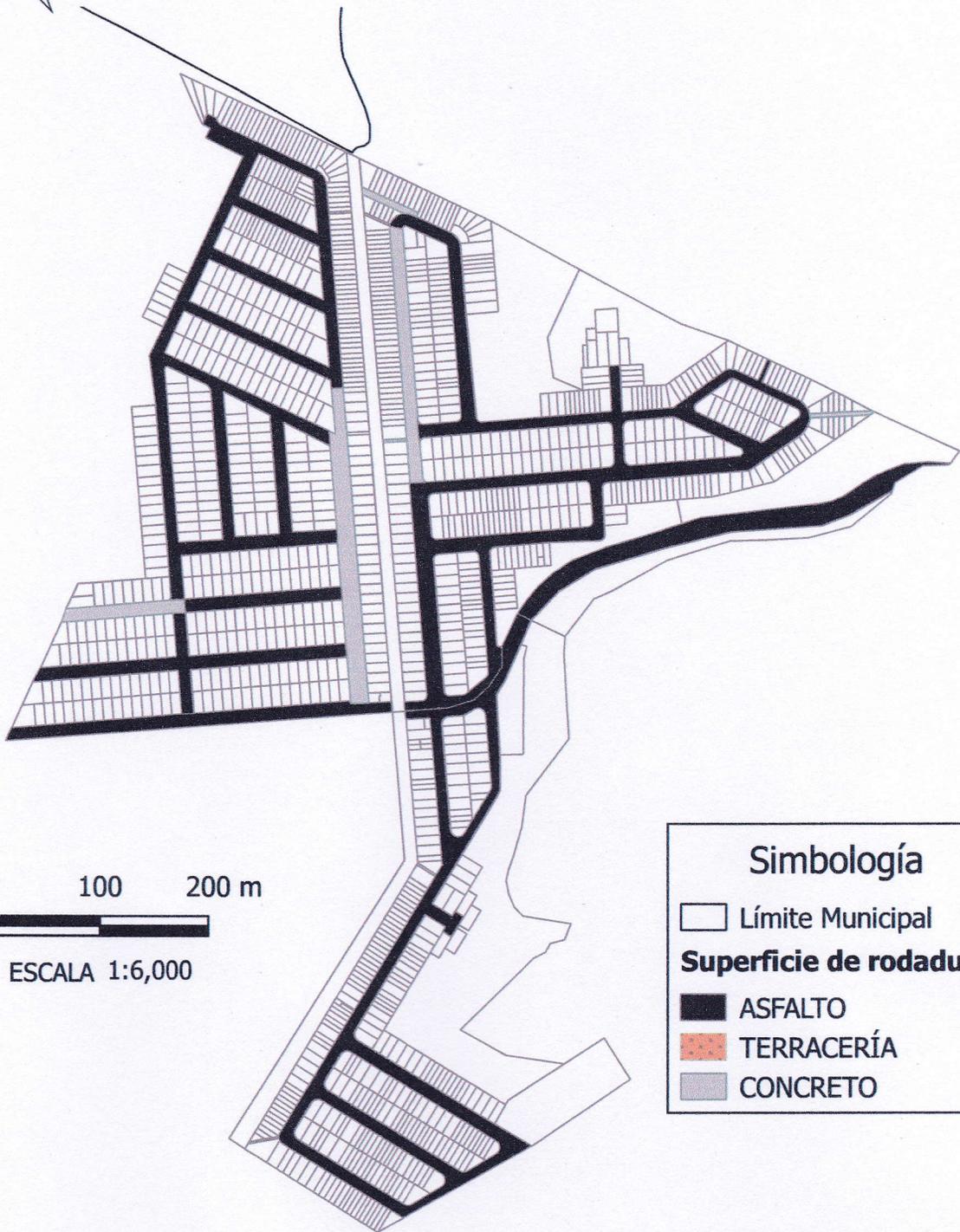
Simbología	
	Límite Municipal
Número de Niveles	
	0
	1
	2
	3
	4

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Douglas Castillo
Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
Fecha: Julio de 2019



Vo.Bo. Inga. Mayra García
Asesora-Supervisora

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA DE EN CALLES URBANAS DE LOS SECTORES 1, 2 Y 3 DE VILLA HERMOSA 1, SAN MIGUEL PETAPA



0 100 200 m



ESCALA 1:6,000

Simbología

- Límite Municipal
- Superficie de rodadura**
- ASFALTO
- TERRACERÍA
- CONCRETO

Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Douglas Castillo
Levantamiento: Municipalidad de San Miguel Petapa
Fecha: Julio de 2019



V. B. Ing. Mayra Patricia Gómez Quiroga
Asesora Supervisora

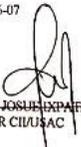
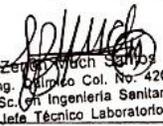
ANEXOS

Anexo 1. Resultados análisis fisicoquímico y microbiológico de agua



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 39744		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 27 738	
INTERESADO: DOUGLAS FERDY CASTILLO LÓPEZ, REGISTRO ACADÉMICO 201504383		PROYECTO: EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍO EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4 DE VILLA HERMOSA I, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA"			
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC			
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Escuela Caserío El Cerro, zona 4	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2019-05-20; 08 h 30 min.			
FUENTE:	Pozo El Piedrín	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2019-05-20; 10 h 07 min.			
MUNICIPIO:	San Miguel Petapa	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración			
DEPARTAMENTO:	Guatemala				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) 21,6 °C
2. COLOR:	01,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	354,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	00,28 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH):	07,17 unidades	9. SÓLIDOS DISUELTOS:	188,00 mg/L
SUSTANCIAS		mg/L	SUSTANCIAS		mg/L
1. CALCIO (Ca)		40,02	6. CLORUROS (Cl)		14,00
2. NITRITOS (NO ₂)		0,022	7. MAGNESIO (Mg)		00,97
3. NITRATOS (NO ₃)		06,60	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)		10,00
4. CLORO RESIDUAL		--	9. HIERRO TOTAL (Fe)		00,03
5. MANGANESO (Mn)		00,140	10. DUREZA TOTAL		124,00
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
00,00	00,00	176,00	176,00		
OTRAS DETERMINACIONES AMONÍACO 0,08 mg/L					
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA MANGANESO EN Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según NORMA COGUANOR NTG 29 001.					
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21st EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.					
Guatemala, 2019-06-07					
Visa  DR. EDWIN JOSUE XIPATA REYES DIRECTOR CI/USAC		 FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC Edificio Emillo Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252			
		 Ing. Olimpo Col. No. 420 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			
					

Continuación del anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 39 744 INF. No. A - 365 811

<p>INTERESADO: DOBREAL FERDY CASTILLO LÓPEZ REGISTRO ACADÉMICO 201504383</p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: Interesado</p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: Escuela Caserio El Cerro, zona 4</p> <p>FUENTE: Pozo El Piedrín</p> <p>MUNICIPIO: San Miguel Petapa</p> <p>DEPARTAMENTO: Guatemala</p>	<p>PROYECTO: EPS. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERIO EL CERRO Y CALLEJÓN GALIZ, ZONA 4 DE VILLA HERMOSA SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.</p> <p>DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA USAC</p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2019-05-20, 08 h 30 min.</p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2019-05-20, 10 h 57 min.</p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeración</p>
<p>SABOR: -----</p> <p>ASPECTO: Claro</p> <p>OLOR: Inodora</p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: No hay</p> <p>COLORO RESIDUAL: -----</p>

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44 5 °C
10,00 cm ³	- + - - -	+	+
01,00 cm ³	- + - - -	+	+
00,10 cm ³	- - - - -	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm³		4,0	4,0

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma NTG 29 001.

Guatemala, 2019-06-07

Visa

ING EDWIN JOSUE XPATA REYES
DIRECTOR CI/USAC



Zepheri Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

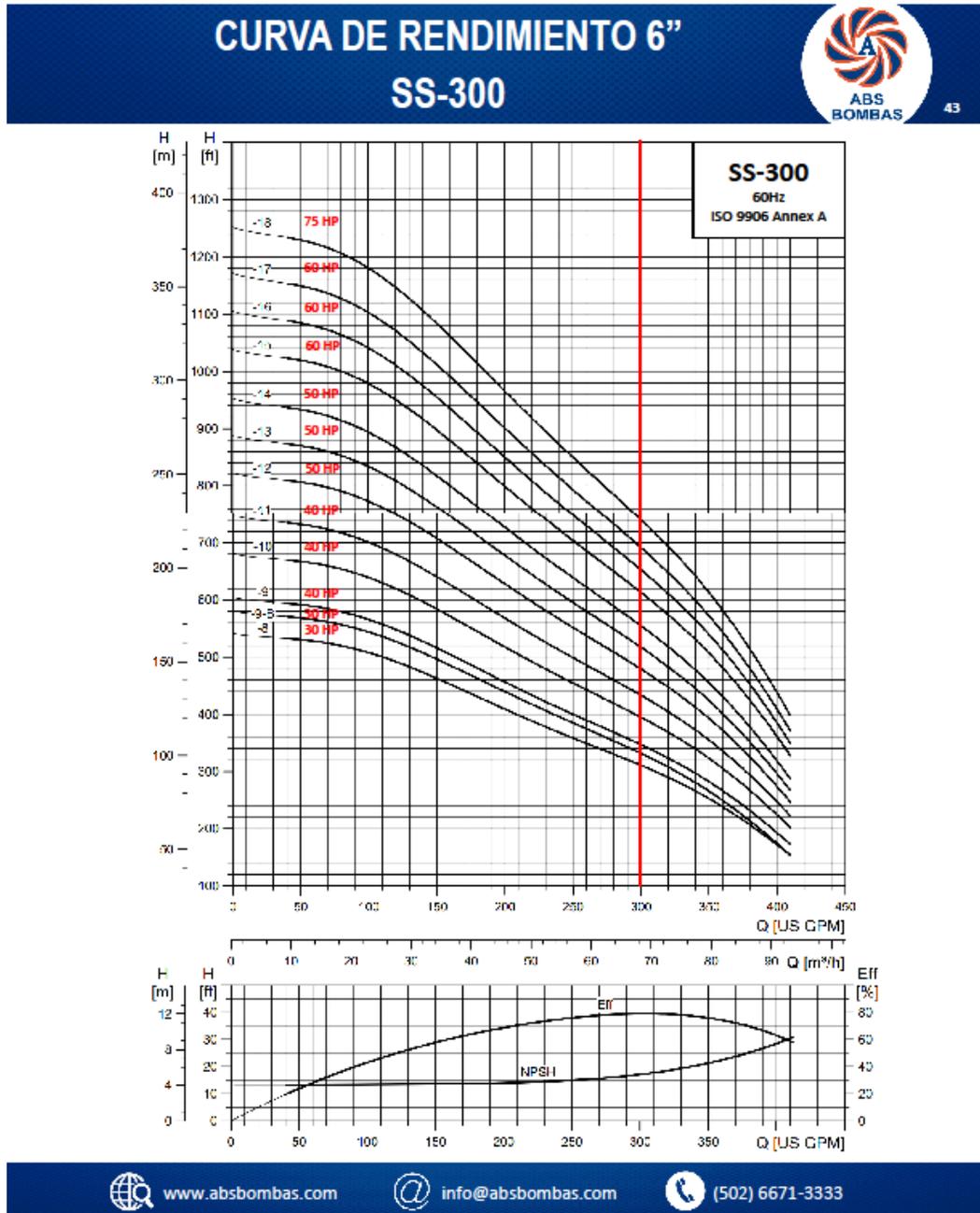


LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
-ORA ALBA TABARINI MOLINA-

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Fuente: Laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 2. Curvas de rendimiento bombas sumergibles SS-300



Fuente: ABS BOMBAS. *Bombas sumergibles acero inoxidable*. <https://absbombas.com/wp-content/uploads/2019/03/Catalogo-Bombas-Sumergibles-Acero-Inoxidable-SS.pdf>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

Anexo 3. Datos generales bombas sumergibles SS-300

DATOS GENERALES 6'' SS-300



Tabla de selección:

Tipo de bomba	Motor		m³/h l/min	Q Capacidad 3450 rpm															
	P2	HP		24	27	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90			
				400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500			
SS300-1-B	2.2	3	14	13	12	11	10	9	8	7	6	4	2	0	0				
SS300-1	3.7	5	19	18	17	16	14	13	11	10	9	8	7	4	3				
SS300-2-BB	3.5	5	26	25	24	23	22	20	18	17	14	12	8	5	2				
SS300-2	5.5	7.5	38	37	36	34	31	28	26	24	22	19	17	15	11				
SS300-3-A	7.5	10	54	53	52	48	44	41	38	35	32	28	25	21	16				
SS300-3	9.3	10	59	58	57	53	49	46	42	38	36	33	29	25	20				
SS300-4	11	15	77	76	74	69	65	59	55	51	47	44	39	34	28				
SS300-5	13	17.5	98	96	94	88	82	76	70	66	61	56	50	44	36				
SS300-6-B	15	20	108	106	104	97	90	84	77	72	66	60	54	46	37				
SS300-6	18.5	25	117	115	112	105	97	90	84	78	73	67	60	52	43				
SS300-7	18.5	25	134	132	129	121	113	106	98	91	85	78	70	61	51				
SS300-8	22	30	156	153	149	140	131	122	113	106	98	91	83	72	61				
SS300-9-B	22	30	168	165	161	152	142	132	123	114	105	96	86	75	62				
SS300-9	26	40	174	171	167	157	146	136	126	117	109	101	90	77	65				
SS300-10	26	40	189	186	182	172	160	148	138	129	120	110	99	86	72				
SS300-11	30	40	214	209	204	190	177	166	155	146	136	126	114	100	84				
SS300-12	37	50	236	232	226	213	200	187	175	164	153	142	129	114	97				
SS300-13	37	50	255	250	245	230	215	200	186	174	163	152	138	121	104				
SS300-14	37	50	272	267	261	246	230	214	200	187	176	163	149	131	109				
SS300-15	45	60	294	289	283	267	249	230	215	200	187	173	158	140	118				
SS300-16	45	60	309	304	297	283	266	246	228	212	198	183	166	148	126				
SS300-17	45	60	328	322	316	299	279	259	240	223	208	192	175	157	131				

*Mayor presión, etapas más largas, las bombas de hasta 18 etapas están disponibles bajo pedido.

Dimensiones y pesos:

Tipo de bomba	Dimensiones (mm)				Peso Neto (kg)
	A	B	C*	C**	
SS300-1-B	383	RP / NPT 3" ó 4"	146	148	6.9
SS300-1	383		146	148	6.9
SS300-2-BB	496		146	148	9.2
SS300-2	496		146	148	9.2
SS300-3-A	609		149	152	11.5
SS300-3	609		149	152	11.5
SS300-4	722		149	152	13.7
SS300-5	835		149	152	16.0
SS300-6-B	948		149	152	18.3
SS300-6	948		149	152	18.3
SS300-7	1061		149	152	20.6

C* = Diámetro máximo de la bomba con un cable del motor.

C** = Diámetro máximo de la bomba con dos cables de motor.

Anexo 4. Datos generales bombas sumergibles SS-300

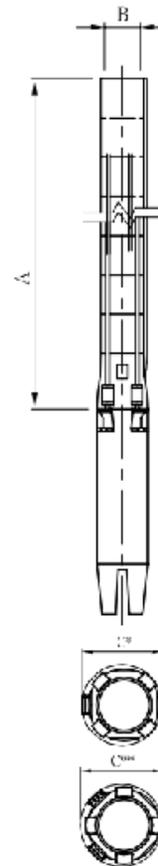
DATOS GENERALES 6"
SS-300



Dimensiones y pesos:

Tipo de bomba	Dimensiones (mm)				Peso Neto (kg)
	A	B	C*	C**	
SS300-8	1174	RP / NPT 3" ó 4"	149	152	22.9
SS300-9-B	1287		149	152	25.1
SS300-9	1287		149	152	25.1
SS300-10	1400		149	152	27.4
SS300-11	1513		149	152	29.7
SS300-12	1626		149	152	32.0
SS300-13	1739		149	152	34.3
SS300-14	1852		149	152	36.5
SS300-15	1965		149	152	38.8
SS300-16	2078		149	152	41.1
SS300-17	2191		149	152	43.4

C* = Diámetro máximo de la bomba con un cable del motor.
C** = Diámetro máximo de la bomba con dos cables de motor.



Fuente: ABS BOMBAS. *Bombas sumergibles acero inoxidable*. <https://absbombas.com/wp-content/uploads/2019/03/Catalogo-Bombas-Sumergibles-Acero-Inoxidable-SS.pdf>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

Anexo 5. Estructura del análisis de vulnerabilidad por exposición

2.1.1	Componente bioclimático
1	Confort higrotérmico
2	Orientación
3	Viento
4	Precipitación
5	Ruido
6	Calidad del aire
2.1.2	Componente de geología
7	Sismicidad
8	Erosión
9	Deslizamientos
10	Vulcanismo
11	Rangos de pendiente
12	Calidad del suelo
13	Uso del suelo
14	Formación geológica
2.1.3	Componente de ecosistema
15	Suelos agrícolas
16	Hidrología superficial
17	Hidrología subterránea
18	Lagos
19	Áreas frágiles
20	Sedimentación

Continuación del anexo 5.

2.1.4	Componente de medio construido
21	Radio de acción
22	Accesibilidad
23	Acceso a servicios
24	Consideraciones urbanísticas
25	Usos del suelo y fuentes contaminantes
26	Normas urbanas
27	Áreas comunales
28	Facilidades de tratamiento de desechos
29	Dimensionalidad del proyecto
2.1.5	Componente de contaminación
30	Desechos sólidos y líquidos
31	Industrias contaminantes
32	Líneas de alta tensión
33	Peligro de explosiones e incendios
34	Lugares de vicio
35	Servicios de recolección de desechos
2.1.6	Componente institucional y social
36	Conflictos territoriales
37	Seguridad ciudadana
38	Marco legal
39	Participación ciudadana
40	Importancia socioeconómica
41	Calidad de vida
42	Conducta local

Fuente: SEGEPLAN, Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública.

Guatemala, 2013.

Anexo 7. **Código en formato proj4 para configuración de
proyección GTM**

```
+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=-90.5 +k=0.9998  
+x_0=500000 +y_0=0 +ellps=WGS84 +units=m +no_defs
```

Fuente: BUTLER, Howard, SCHMIDT, Christopher y SPRINGMEYER, Dane. *sr-org projection 6866 - guatemala gtm (42500)*. <https://spatialreference.org/ref/sr-org/guatemala-gtm-42500/>.

Consulta: 2 de mayo de 2019.

