



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS  
PACUJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO,  
ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**

**Ricardo Emanuel Xocoy López**  
Asesorado por el Ing. Silvio Rodríguez

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS  
PACAJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO,  
ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RICARDO EMANUEL XOCOY LÓPEZ**  
ASESORADO POR EL ING. SILVIO RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Crescencio Benjamín Cifuentes Velásquez
EXAMINADOR	ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 LOS CASERIOS  
PACAJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO,  
ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 13 de mayo 2021.

A handwritten signature in black ink, consisting of a circular flourish at the top and a horizontal line extending to the right.

**Ricardo Emanuel Xocoy López**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 13 de septiembre de 2023  
REF.EPS.DOC.374.09.2023

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ricardo Emanuel Xocoy López, CUI 2305 39149 0101 y Registro Académico 201314524** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTIN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO.**

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”

Una firma manuscrita en tinta negra que parece decir 'Silvio Rodríguez Serrano'.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
SJRS/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 10 de octubre de 2023  
REF.EPS.D.325.10.2023

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTIN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ricardo Emanuel Xocoy López, CUI 2305 39149 0101 y Registro Académico 201314524**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 24 de agosto 2023

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Coordinador del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Aguilar:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de EPS, "**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**", del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **Ricardo Emanuel Xocoy López**, Registro Académico: **201314527**, quien contó con la asesoría del **ING. SILVIO RODRÍGUEZ**.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa**  
Revisor del Departamento de Hidráulica

Asesor  
Interesado





LNG.DIRECTOR.022.EIC.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**, presentado por: **Ricardo Emanuel Xocoy López**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, febrero de 2024



LNG.DECANATO.OI.068.2024

El Decano 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 LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**, presentado por: **Ricardo Emanuel Xocoy López**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.

Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme salud, entendimiento y paciencia para alcanzar mis metas, y bendecirme con una gran familia.
<b>Mi padre</b>	José Antonio Xocoy Ramos, (q. e. p. d.) a quien admiro tanto, por todo el esfuerzo y apoyo, por los consejos y orientación, que me brindo a lo largo de todos estos años, para que yo pudiera desarrollarme y alcanzar mis metas, y ser el profesional que he alcanzado a ser.
<b>Mi madre</b>	María de las Mercedes López López, a quien amo, por todo su amor, comprensión y paciencia en apoyarme y educarme para ser un hombre de valores.
<b>Mis hermanos</b>	Mónica de Jesús Xocoy López, Juan Carlos Xocoy López y Josué Antonio Xocoy López, por todo el cariño y consejos que me brindaron. Sin su apoyo incondicional no sería posible este logro.
<b>Compañeros de estudio</b>	Omar Aquino, Walter Trinidad, Andrea Larios, Sandra Vergara, Franklin Aquino.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Por brindarme la vida, bendecirme con una familia tan amorosa, por brindarme salud a lo largo de estos años y darme la fortaleza de luchar por mis sueños y metas.

### **Mis padres**

José Antonio Xocoy Ramos, (q. e. p. d.), María de las Mercedes López López, por ser el motor de mi vida, por su amor y cariño incondicional, por sus enseñanzas y consejos, por todo su sacrificio a lo largo de estos años que me han impulsado alcanzar esta meta.

### **Mis hermanos**

Mónica de Jesús Xocoy López, Juan Carlos Xocoy López y Josué Antonio Xocoy López, por ser parte fundamental de este proceso, por su incondicional apoyo, cariño y consejos que me han brindado a lo largo de mi vida y permitieron que este logro sea dado.

### **Mis colegas de la facultad**

Omar Aquino, Walter Trinidad, Emerson Curup, Diana Mérida, Roberto Beteta, Sara Zapet, por su amistad, y apoyo a lo largo de estos años.

**Mis amigos**

Andrea Larios, Gloria Martínez, Kimberly Xicay, Jay Sandoval, Franklin Aquino, Sandra Vergara, Mario Gatica, por su lealtad amistad y apoyo que me han brindado a lo largo de estos años.

**Ing. Silvio Rodríguez**

Por brindarme su asesoría y apoyo durante este proceso.

**Municipalidad de San  
Martín Jilotepeque**

Por la oportunidad que me brindo, y poder realizar este Ejercicio Profesional Supervisado.

**Facultad de ingeniería**

Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollar mi carrera profesional.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad académica de alcanzar mis metas y objetivos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía municipio San Martín Jilotepeque y de aldea Chijocon.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica del municipio .....	1
1.1.2. Límite territorial .....	1
1.1.3. Topografía .....	7
1.1.4. Clima .....	7
1.2. Características de la población.....	7
1.2.1. Demografía.....	7
1.2.2. Actividad económica.....	8
1.2.3. Producción agrícola .....	8
1.2.4. Tipología de viviendas .....	9
1.2.5. Organización comunitaria .....	9
1.2.6. Religión y costumbres .....	9
1.2.7. Alfabetismo .....	10
1.2.8. Infraestructura y servicios públicos.....	10
1.2.8.1. Servicios públicos .....	10
1.2.8.2. Vías de acceso .....	10

1.2.9.	Servicios de agua potable .....	11
2.	FASE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	13
2.1.	Características del agua .....	13
2.1.1.	Fuentes de abastecimiento .....	13
2.1.2.	Normas de calidad .....	14
2.1.2.1.	Análisis bacteriológico.....	15
2.1.2.2.	Análisis físico químico .....	15
2.1.3.	Aforo de caudal .....	16
2.2.	Criterios de diseño .....	16
2.2.1.	Periodo de diseño .....	16
2.2.2.	Población de diseño .....	17
2.2.2.1.	Método de incremento geométrico .....	18
2.2.3.	Dotación .....	19
2.2.4.	Factores de consumo y caudales.....	20
2.2.4.1.	Factor día máximo (FDM) .....	20
2.2.4.2.	Factor hora máximo (FHM) .....	21
2.2.4.3.	Caudal medio diario .....	21
2.2.4.4.	Caudal máximo diario (QMD).....	22
2.2.4.5.	Caudal máximo horario (Qmh) .....	23
2.2.4.6.	Caudal de bombeo .....	23
2.2.5.	Parámetros de diseño .....	24
2.2.5.1.	Velocidades máximas y mínima .....	24
2.2.5.2.	Presiones .....	25
2.2.6.	Línea de conducción .....	25
2.2.6.1.	Diámetro económico .....	26
2.2.6.2.	Carga dinámica total (CDT).....	27
2.2.6.3.	Sobre presión o golpe de ariete .....	29
2.2.6.4.	Potencia de la bomba.....	31

2.2.6.5.	Especificaciones del sistema de conducción.....	31
2.2.7.	Diseño de tanque de distribución.....	35
2.2.7.1.	Tanque 1 .....	36
2.2.7.1.1.	Diseño estructural tanque 1 .....	38
2.2.7.2.	Tanque 2 .....	64
2.2.7.2.1.	Diseño estructural tanque 2. ....	65
2.2.8.	Diseño hidráulico de la red de distribución: .....	84
2.2.8.1.	Cálculo de diámetro:.....	84
2.2.9.	Obras de arte.....	87
2.2.9.1.	Caja rompe presiones.....	87
2.2.9.2.	Válvula de limpieza.....	87
2.2.9.3.	Válvulas de aire .....	88
2.2.9.4.	Válvulas reductoras de presión.....	88
2.2.10.	Conexiones domiciliarias.....	88
2.2.11.	Desinfección del sistema. ....	89
2.2.11.1.	Cloración.....	89
2.3.	Presupuesto del proyecto.....	91
2.3.1.	Presupuesto General del proyecto .....	91
2.3.2.	Análisis económico .....	93
2.3.2.1.	Tarifa .....	95
2.3.2.2.	Estudio socioeconómico .....	96
2.3.2.2.1.	Valor Presente Neto ....	96
2.3.2.2.2.	Tasa interna de retorno .....	98
2.3.3.	Cronograma de ejecución.....	99
2.3.4.	Estudio de Impacto ambiental.....	100

CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS.....	105
APÉNDICES.....	107
ANEXOS .....	151

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Municipio de San Martín Jilotepeque.....	3
<b>Figura 2.</b>	Aldea Chijocon .....	4
<b>Figura 3.</b>	Ubicación geográfica de Chijocon .....	5
<b>Figura 4.</b>	Mapa distribución de líneas .....	6
<b>Figura 5.</b>	Diagrama de losa tanque 1.....	40
<b>Figura 6.</b>	Diagrama de fuerzas en muro tanque 1 .....	55
<b>Figura 7.</b>	Diagrama de losa tanque 2.....	66
<b>Figura 8.</b>	Diagrama de fuerzas en muro tanque 2 .....	79

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Dotación por servicio .....	20
<b>Tabla 2.</b>	Comparativa de diámetro económico .....	34
<b>Tabla 3.</b>	Análisis de momentos en vigas tanque 1 .....	50
<b>Tabla 4.</b>	Capacidad soporte del suelo .....	58
<b>Tabla 5.</b>	Sumatoria de momentos en muro de contención, tanque 1 .....	59
<b>Tabla 6.</b>	Análisis de momentos en vigas tanque 2 .....	75
<b>Tabla 7.</b>	Sumatoria de momentos en muro de contención, tanque 2 .....	82
<b>Tabla 8.</b>	Presupuesto general del proyecto .....	92
<b>Tabla 9.</b>	Costo de mantenimiento anual del sistema .....	94
<b>Tabla 10.</b>	Costo de tratamiento de sistema .....	94
<b>Tabla 11.</b>	Cronograma de ejecución.....	100



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>H</b>	Altura
<b>Hi</b>	Altura de descarga
<b>Hs</b>	Altura nivel dinámico a boca del pozo
<b><math>\rho</math></b>	Angulo de fricción interna
<b>a</b>	Ancho
<b>As</b>	Área de acero
<b>Asmáx</b>	Área de acero máxima
<b>Asmin</b>	Área de acero mínima
<b>B</b>	Base
<b>Vs</b>	Capacidad de soporte de suelo
<b>Wlosa</b>	Carga debido a losa
<b>Wn</b>	Cargas de muro producidas por su propio peso
<b>CDT</b>	Carga dinámica total
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>SW</b>	Carga total
<b>CU</b>	Carga última
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Qb</b>	Caudal de bombeo
<b>Qm</b>	Caudal medio diario
<b>cm</b>	Centímetros
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetros cuadrados
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetros cúbicos
<b>PVC</b>	Cloruro de Polivinilo
<b>Cb</b>	Coeficiente ACI, de lado mayor

<b>Ca</b>	Coeficiente ACI, de lado menor
<b>Ka</b>	Coeficiente de fricción activa
<b>C</b>	Coeficiente de fricción de PVC
<b>CF</b>	Coeficiente de fricción de suelo
<b>Kp</b>	Coeficiente de fricción pasiva
<b>Ø</b>	Diámetro de la tubería a colocar
<b>Dot</b>	Dotación
<b>Ef</b>	Eficiencia de la bomba
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>E</b>	Excentricidad
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b>φ</b>	Factor Según ACI3-18
<b>b</b>	Franja unitaria de losa
<b>Ff</b>	Fuerza de fricción
<b>°</b>	Grados
<b>G</b>	Gramos de tricloro
<b>g</b>	Gravedad
<b>B</b>	Inclinación del terreno con relación a la horizontal
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo por metro cuadrado
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>l/h/d</b>	Litros habitantes día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>L</b>	Longitud de tubería a tanque de distribución
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados

<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>K</b>	Módulo de elasticidad volumétrica del agua
<b>Ma</b>	Momento en lado corto
<b>Mb</b>	Momento en lado largo
<b>Mr</b>	Momento resultante total
<b>Mu</b>	Momento último
<b>Mv</b>	Momento de volteo
<b>Pi</b>	Pendiente de salida
<b>Hf</b>	Pérdidas en cargas debido a fricción
<b>Hc</b>	Pérdidas en cargas de succión
<b>Hm</b>	Pérdidas menores
<b>Hv</b>	Pérdidas por velocidad
<b>n</b>	Periodo de diseño
<b>Yh2O</b>	Peso específico del agua
<b>Ycc</b>	Peso específico del concreto ciclópeo
<b>Ys</b>	Peso específico del suelo
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>%C</b>	Porcentaje de Cloro
<b>POT</b>	Potencia requerida por la bomba
<b>PSI</b>	Poundal Square Inch (libras sobre pulgada cuadrada)
<b>Pa</b>	Presión activa
<b>Pmax</b>	Presión máxima
<b>Pmin</b>	Presión mínima
<b>Pp</b>	Presión pasiva
<b>q</b>	Presión sobre el suelo
<b>f'y</b>	Resistencia del acero
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>S</b>	Separación de estribos

**r**

Taza de crecimiento

**v**

Velocidad de flujo

## GLOSARIO

<b>Accesorios</b>	Elemento complementario secundario utilizado en red de tuberías.
<b>Aforo</b>	Acción de medir la cantidad de agua que emerja de alguna fuente.
<b>Agua Potable</b>	Agua sanitariamente segura y apta para consumo humano.
<b>Agregado fino</b>	Agregados procedentes de la trituración de rocas y cuyas partículas varían entre 2mm y 0.05 mm de diámetro.
<b>Agregado grueso</b>	Fragmentos de rocas cuyas partículas varían desde 2 mm hasta 7.62 cm.
<b>Altimetría</b>	Rama de la topografía que se encarga de las mediciones en alturas de terreno.
<b>Análisis Químico Sanitario</b>	Análisis realizado al agua para determinar diagnósticos de pureza.
<b>Azimut</b>	Es el ángulo que forma el Norte geográfico y la proyección vertical de un cuerpo celeste.

<b>Bacterias</b>	Organismos unicelulares microscópicos. No necesitan de luz para su proceso de vida.
<b>Bases de diseño</b>	Bases o técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo con el tipo de proyecto.
<b>Captación</b>	Estructura por medio del cual se colecta el agua de una fuente.
<b>Carga muerta</b>	Cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentemente a la misma, como el peso propia de la estructura.
<b>Carga viva</b>	Cargas no permanentes y que varían durante el emplazamiento de la estructura.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, que pasa en un punto determinado donde circula líquido.
<b>Concreto</b>	Mezcla de arena, grava, cemento y agua.
<b>Concreto Reforzado</b>	Mezcla de arena, grava, cemento y agua, el cual es reforzado o fortificado con acero u otros materiales.
<b>Concreto Ciclópeo</b>	Mezcla de arena, cemento y agua, donde la grava es de tamaño mucho más grande que el concreto reforzado.

<b>Conexión domiciliar</b>	Son las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua, de la red de distribución al interior de la vivienda.
<b>Consumo</b>	Cantidad de agua usada por una persona.
<b>Cota del terreno</b>	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
<b>Cota piezométrica</b>	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Demanda de agua</b>	Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades.
<b>Desinfección</b>	Eliminar la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
<b>Diseño</b>	Es la fase de trabajo de gabinete, en el que se elabora el proyecto sobre los datos obtenidos en la fase anterior de campo y en la preliminar.
<b>Distribución</b>	Es la infraestructura que se utiliza para llevar el agua almacenada en el tanque hacia las viviendas beneficiadas.

<b>Dotación</b>	Cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, habitante o industria.
<b>Dureza</b>	Término utilizado para expresar el contenido en el agua de compuestos de calcio y magnesio, jabón o incrustaciones en la tubería.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
<b>Excavación</b>	Conjunto de operaciones necesarias para remover, parte del terreno.
<b>Fuente</b>	Es el manantial o agua que brota de tierra.
<b>Golpe de ariete</b>	Ondas de presión generadas por un sistema de tubería, por un cambio de velocidad repentina del líquido movimiento.
<b>Granulometría</b>	Diversos tipos de tamaños de las partículas que constituyen el suelo.
<b>Momento</b>	Producto de una fuerza por la distancia perpendicular a la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
<b>Pérdida de carga</b>	Es la energía por masa unitaria de agua que causa la resistencia superficial dentro del conducto, se convierte de energía mecánica a energía térmica. El

agua pierde energía por frotamiento con las paredes de la tubería, las asperezas.

<b>Perfil topográfico</b>	Es una representación del relieve del terreno. Se obtiene a través de un corte transversal de las líneas de un mapa de curvas de nivel o mapa topográfico.
<b>Permeabilidad</b>	Característica de un material que permite ser atravesado por los fluidos.
<b>Piezométrica</b>	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de la tubería.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la terrestre. Conjunto de las operaciones necesarias para obtener esta proyección horizontal.
<b>Presión</b>	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
<b>Tanque</b>	Recipiente de gran tamaño, normalmente cerrado a contener líquidos o gases.
<b>Topografía</b>	Parte de la geodesia que tiene por objeto representar gráfica de la superficie terrestre.



## RESUMEN

En este trabajo de graduación se pretende entregar a la municipalidad de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, un diseño de mejoramiento de agua potable, solicitado por la comunidad y su respectivo Consejo Comunitario de Desarrollo Urbano y Rural (COCODE) de los caseríos Pacoj, Pacoxpon, Los Elías, Las Escobitas, y Valle De Oro, Aldea Chijocon correspondiente a este municipio.

El proyecto está conformado por distintas fases, iniciando por la fase de campo la cual se realizó, físicamente dentro del municipio de San Martín Jilotepeque, juntamente con las autoridades municipales y miembros del COCODE, se expuso la problemática y las posibles soluciones, procediendo a realizar un levantamiento topográfico y recorrido de las poblaciones beneficiadas.

Durante la fase de investigación, se realiza un estudio sobre el municipio y las características que conforman su monografía, tales como, población, servicios y economía, datos necesarios para determinar las bases de nuestro diseño hidráulico.

Obtenidos los datos, dentro de la fase de investigación se procedió a la realización del diseño hidráulico de las líneas de conducción, tanques de almacenamiento y red distribución, y obras de arte necesarias para el óptimo desempeño del sistema de abastecimiento de agua potable, hacia las aldeas anteriormente mencionadas, entregando a la municipalidad planos de ejecución, construcción y análisis económico del proyecto.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos; Pacoj, Pacoxpon, Los Elías, Las Escobitas, y Valle De Oro, Aldea Chijocon, del municipio de San Martín Jilotepeque.

### **Específicos**

1. Proporcionar una solución ante la actual problemática de falta de abastecimiento de agua potable y así contribuir a mejorar la calidad de vida de la población de la aldea Chijocon.
2. Contribuir con este estudio, parámetros de diseño que puedan ser utilizados para futuros proyectos de agua potable, de esta manera beneficiar al municipio de San Martín Jilotepeque.
3. Determinar y proporcionar a la comunidad, bases para la correcta ejecución, operación, y mantenimiento del sistema de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

El consumo de agua potable es una de las necesidades básicas del ser humano siendo así este una de bases fundamentales para el crecimiento, desarrollo de una población.

Dicho líquido vital puede proceder de distintas fuentes, como lo son manantiales, nacimiento de agua, y aguas subterráneas por medio de perforación de pozos, siendo este último el más utilizado en la actualidad debido a la creciente población, y escasez de fuentes superficiales. Debido a esto, muchas de las poblaciones en vías de crecimiento, en el interior del país se encuentran cada vez más con la necesidad de suministrarse de dicho servicio y por lo tanto de estudios que respalden su correcto funcionamiento.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de su programa de Ejercicio Profesional Supervisado, busca brindar el apoyo a comunidades que presentan necesidad de servicios básicos, así como de infraestructura, tales como agua potable, electricidad, drenajes y saneamiento, escuelas, carreteras y puentes.

Este informe presenta un diagnóstico de las necesidades de la aldea Chijocon, dentro del municipio de San Martín Jilotepeque, ubicado en el departamento de Chimaltenango, de forma que el proyecto planteado se enfoca en las mejoras de las condiciones de vida de los habitantes de dicha aldea y los caseríos que lo conforman.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía municipio San Martín Jilotepeque y de aldea Chijocon**

Para un diseño óptimo del sistema de abastecimiento de agua potable es necesario conocer las características físicas, sociales y económicas de la población beneficiada.

### **1.1.1. Ubicación geográfica del municipio**

San Martín Jilotepeque es un municipio del departamento de Chimaltenango. Municipalidad de 2a. categoría. Área aproximada 251 km<sup>2</sup>. Nombre geográfico oficial: San Martín Jilotepeque. El BM (monumento de elevación) del IGN en el parque está a 1,785.55 m. SNM, lat. 14°46'48", long. 90°47'35".

La aldea Chijocon está ubicada al este del área urbana del municipio de San Martín Jilotepeque, a una distancia de 8kms y cuenta con una extensión de 6.1km<sup>2</sup>. El BM de la aldea está a 1632 m. SNM, siendo su lat. 14°48'1.35"N y su long. 90°43'40.09"O.

### **1.1.2. Límite territorial**

Colinda al norte con Joyabaj (Quiche) y Granados (Baja Verapaz); al este con San Juan Sacatepéquez (Guatemala) y Chimaltenango (Chimaltenango); al sur con Chimaltenango y Comalapa; al oeste con Comalapa y San José Poaquil. Por carretera sur unos 6 km. al río Pixcayá donde entronca con la

carretera deptal. Chimaltenango, que al sur tiene unos 11 km. Al lado este de la cabecera. Departamental. Chimaltenango. En la misma enlaza con la carretera asfaltada Interamericana CA-1. La cabecera se encuentra en una planicie, al lado oeste del río Frío y al este del río Cucuyá.

La aldea Chijocon limita al este y sur Chimaltenango, al norte con aldea Choatalum, y al oeste con la aldea, Estancia de la Virgen. Los caseríos donde se desarrollará el proyecto se localizan del área urbana las siguientes distancias:

Pacoj	10 km del área urbana
Pacoxpon	7.7km del área urbana
Los Elías	11 km del área urbana
Panatzan	12 km del área urbana
Las Escobitas	8.5 km del área urbana
Valle De Oro	8.8 km del área urbana

- Macro localización

**Figura 1.**

*Municipio de San Martín Jilotepeque*

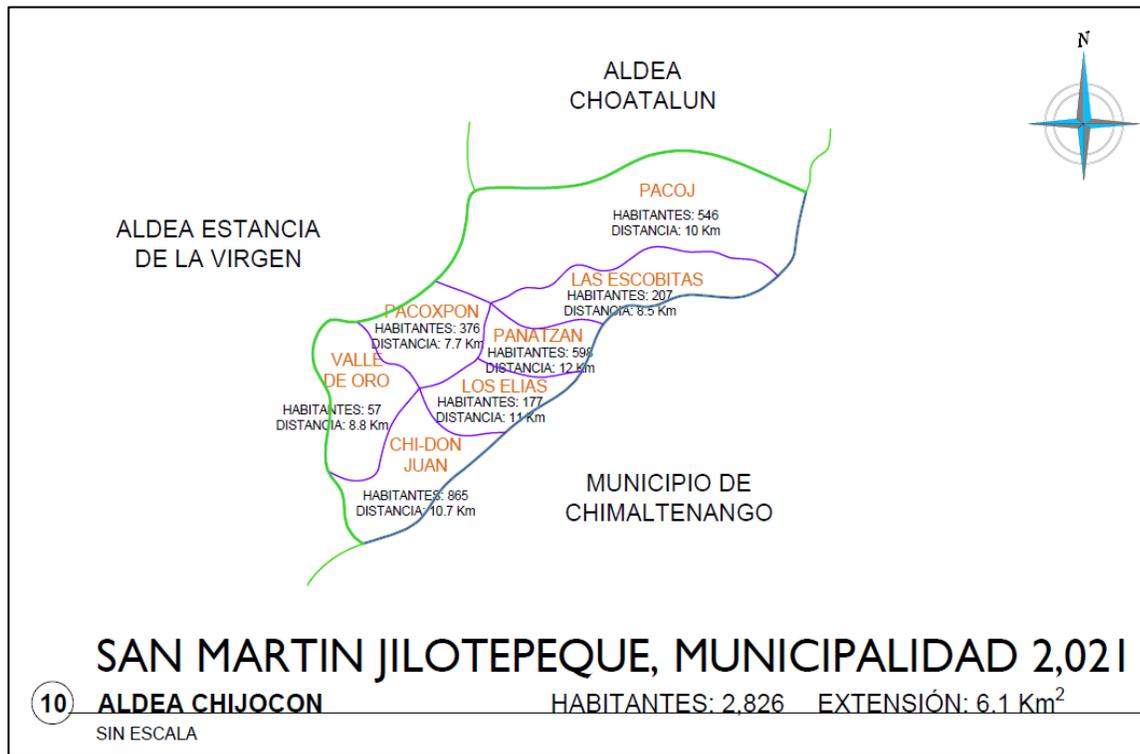


*Nota.* Mapa del municipio de San Martín Jilotepeque y sus colindancias. Proporcionado por la Dirección Municipal de Proyectos, consultado el 8 de febrero de 2021.

- Micro localización

**Figura 2.**

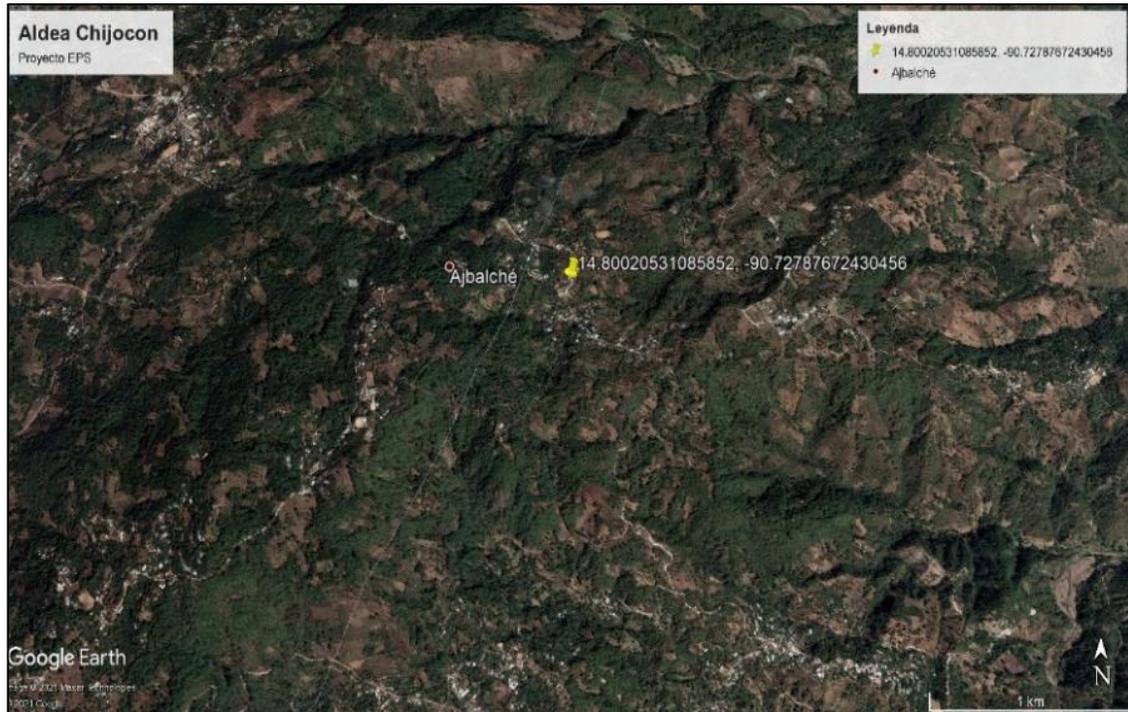
*Aldea Chijocon*



*Nota.* Mapa de la aldea Chijocon y sus colindancias. Proporcionado por la Dirección Municipal de Proyectos, consultado el 8 de febrero de 2021.

### Figura 3.

#### *Ubicación geográfica de Chijocon*

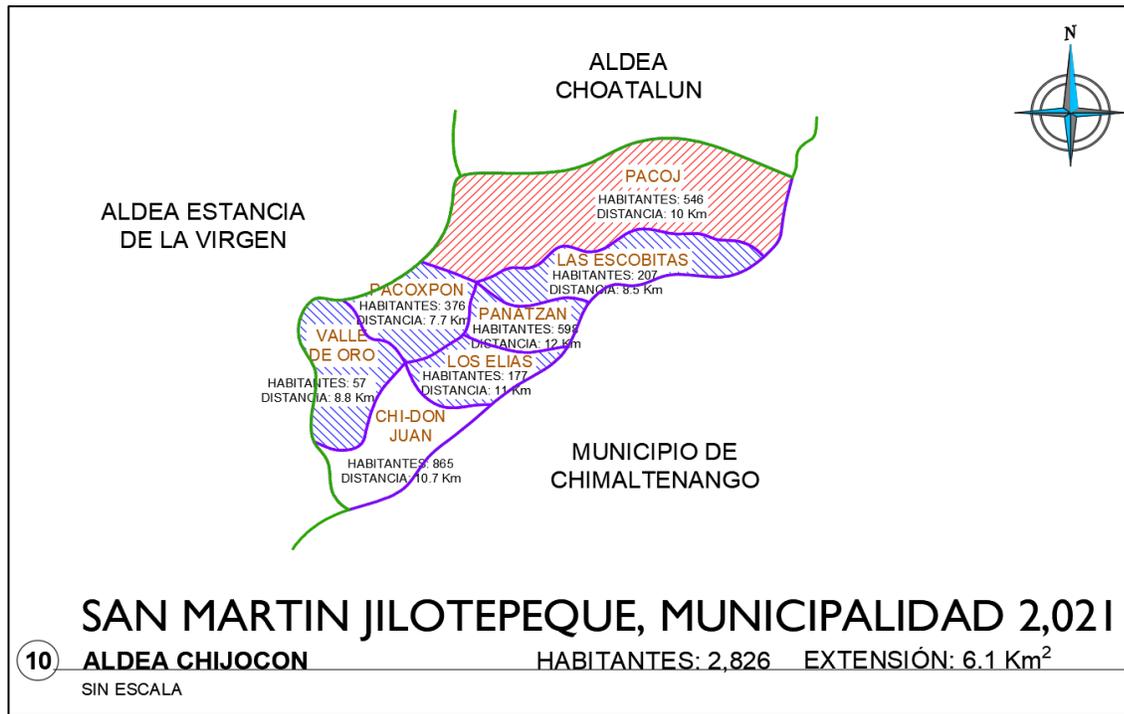


*Nota.* Ubicación geográfica obtenida en visita de campo. Coordenadas GTM Aldea Chijocon 14.80037439712383, -90.72780231528535. Google Earth, elaboración propia.

El Consejo Comunitario de Desarrollo solicitó que el proyecto se realizara en dos partes debido a la topografía del mismo, el caserío de Pacoj se localiza por arriba del nivel del tanque que se desea instalar, por lo que se solicitó la partición y análisis para dicho caserío por aparte, quedando la división del proyecto de la siguiente manera.

**Figura 4.**

*Mapa distribución de líneas*



*Nota.* Mapa de la aldea Chiocon donde se muestra la división de ramales o líneas de distribución del proyecto presentado. Proporcionado por la Dirección Municipal de Proyectos, consultado el 8 de febrero de 2021.

El proyecto estará dividido en todas sus faces en lo que llamaremos dos Líneas de distribución, que estarán conformados así:

Línea 1, conformado por los caseríos: Pacoxpon, Panatzan, Los Elías, Valle de oro y Las Escobitas.

Línea 2, caserío Pacoj.

### **1.1.3. Topografía**

La aldea Chijocon está constituido en su mayoría por terreno pedregoso y montañoso, la aldea se encuentra rodeada por cerros donde predominan pendientes de 30 % y aíslan ciertas regiones de la misma, esto hace más difícil el diseño de la infraestructura comunitaria.

### **1.1.4. Clima**

La aldea se encuentra localizada dentro de temperatura tipo templada, clima húmedo y las lluvias con estación seca bien definida.

## **1.2. Características de la población**

Debido a el constante crecimiento poblacional que cuentan las aldeas, es necesario la recopilación de información que influye directamente en el diseño del proyecto, considerando factores que afecten su desarrollo como lo es su actividad económica, organización religiosa y comunitaria.

### **1.2.1. Demografía**

La población de la aldea Chijocon está constituida en su mayoría por gente de origen indígena pertenecientes a la etnia maya Caqchiquel, y una minoría ladinos, por lo que el idioma predominante es el Caqchiquel.

Según el último censo realizado por la municipalidad, la población total de los caseríos Pacoj, Las Escobitas, Panatzaj, Pacoxpon, Los Elías, y Valle de Oro, es una totalidad de 1,961 habitantes, estando distribuida de la siguiente manera:

Pacoj	546 habitantes
Pacoxpon	376 habitantes
Los Elías	117 habitantes
Panatzan	598 habitantes
Las Escobitas	207 habitantes
Valle De Oro	57 habitantes

### **1.2.2. Actividad económica**

Dentro de las actividades económicas del municipio se encuentra la agricultura en su mayoría, la crianza de animales, siendo así que un gran porcentaje de la población vende su fuerza de trabajo como jornaleros en fincas cafetaleras, de caña y de ganado.

Una parte notoria de la economía del municipio es por parte de las remesas recibidas de familiares que laboran en el extranjero, y en diferentes departamentos de la república. El ingreso mensual por familia se estima de setecientos a mil quetzales. El jornal o día de trabajo dentro del municipio se paga a cien quetzales.

### **1.2.3. Producción agrícola**

Un gran porcentaje de la población se dedica a la agricultura, y la ganadería. Siendo en mayor porcentaje la siembra de maíz, frijol y café, así como demás cultivos comunes. Un porcentaje reducido de la población se dedica a la crianza de animales de granja, como gallinas, patos, cerdos. El ganado también se desarrolla en un porcentaje pequeño siendo los existentes el vacuno, equino, y porcino.

#### **1.2.4. Tipología de viviendas**

El tipo de viviendas que predomina en los caseríos es el tradicional en la región, paredes de mampostería, lámina galvanizada, piso de torta de concreto. En algunas poblaciones más alejadas aún pueden observarse viviendas realizadas de adobe y techo de teja, o madera, así como cercos de caña y otros elementos naturales.

#### **1.2.5. Organización comunitaria**

En los caseríos cuentan con alcaldes auxiliares y el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) el cuál a su vez se subdivide en presidente, vicepresidente, vocal primero y vocal segundo, los cuales realizan la función de representar a la población ante la municipalidad y representan como figura legal ante la municipalidad. En años anteriores existían distintas agrupaciones comunitarias las cuales velaban por el cumplimiento de distintas áreas, como lo es el Consejo Comunitario del agua, Consejo para mejoramiento del Caserío entre otros, siendo así que el COCODE es ahora el único representante legal ante la municipalidad.

#### **1.2.6. Religión y costumbres**

La religión predominante en la región es la católica con un 90 % de la población y un 10 % de religión evangélica. Siendo los días de reunión en general domingos y sábados, así mismo en pequeños grupos comunitarios que varían según su organización interna. La fiesta patronal de San Martín Jilotepeque es el día 11 de noviembre, y de la aldea Chijocon es la fecha.

### **1.2.7. Alfabetismo**

La aldea Chijocon tiene un 45 % de la población saben leer y escribir, teniendo como grado académico el primer grado primaria.

### **1.2.8. Infraestructura y servicios públicos**

Se debe considerar la infraestructura actual, así como sus vías de acceso que posee la población beneficiada, para poder considerar los tipos de trabajos que incluirá el sistema de abastecimiento de agua potable.

#### **1.2.8.1. Servicios públicos**

La aldea Chijocon cuenta con escuelas públicas donde se imparte el grado primario y básicos. Dichas escuelas están construidas de mampostería, piso de concreto y techos de láminas en su mayoría. Los maestros que imparten las clases son originarios del lugar o de caseríos aledaños. Dichas escuelas sirven también como áreas de reunión de la población.

Cuentan con iglesias católicas en su mayoría capillas.

#### **1.2.8.2. Vías de acceso**

Para llegar a la aldea Chijocon se toma el acceso que se dirige al este del casco urbano, atravesando el barrio La Joya, y en dirección hacia aldea Chijocon, el camino hacia la aldea es de un 95 % de terracería, en regular estado de conservación, el cual se recomienda utilizar transporte de doble tracción para llegar a la aldea. En época de invierno se complica la vía de transporte para la

población debido a que, al ser carretera de terracería, tiende a deteriorarse drásticamente.

### **1.2.9. Servicios de agua potable**

En los caseríos de la aldea Chijocon algunas familias se abastecen de pozos propios excavados y pequeños manantiales, mismos que presentan características físicas objetables, sin embargo, en su mayoría de las familias se abastecen por medio de aldeas vecinas o la compra de agua por medio de pipas de empresas privadas o municipales. Algunas familias han optado incluso por medio de conexiones ilícitas. Todas estas opciones provocan un riesgo a las familias, puesto que no se tiene un control de la calidad de agua y un manejo eficiente de la misma.

Siendo los más afectados de la población las mujeres y niños, debido al esfuerzo físico que produce el acarreo de agua, la leer recolección del mismo de diferentes medios.



## **2. FASE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Características del agua**

Es necesario evaluar las condiciones en las que esta se encuentra, como su fuente de abastecimiento y respectivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos que determinan la potabilidad y uso del mismo.

#### **2.1.1. Fuentes de abastecimiento**

La fuente provee en calidad y cantidad suficiente al sistema. Las fuentes pueden ser una o varias, de un mismo tipo o distintas. Los tipos de fuentes mayormente utilizados son:

- Fuentes superficiales
  - Manantiales
  - Ríos
  - Lagos
- Fuentes subterránea
  - Pozos artesanos
  - Pozos profundos

Actualmente algunos sectores de la población se suministran del vital líquido por medio de pozos artesanos sin embargo estos suelen ser muy deficientes en épocas de verano donde el agua subterránea es escasa.

Para la ejecución del proyecto se tiene contemplado el uso de fuente subterránea, siendo este un pozo profundo.

La fuente para utilizar en este proyecto es un pozo mecánico ubicado dentro de la aldea Chijocon, caserío Pacoxpon, y sobre la cota 999.97. En dicho lugar se establecerá la bomba e iniciará la línea de impulsión hacia ambos tanques a utilizar para los distintos circuitos.

### **2.1.2. Normas de calidad**

La calidad del agua es uno de los factores más importantes en el diseño de distribución de agua potable, esta depende de factores como el estrato de suelo que mueve en su trayecto y ramales, uso de la tierra y las estaciones del año. Las características de una buena calidad de agua dependen del uso que a éstas se les dé, pueden ser de uso industrial, doméstico y de riego, siendo el énfasis de este estudio los últimos dos.

Debido a las características físicas, químicas y biológicas del agua, los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos nos ayudan a determinar la calidad esta, y si es apta para el consumo humano, es decir libre de concentraciones excesiva de sustancias minerales y orgánicas, libre de partículas tóxicas y agradable a los sentidos.

La normativa que rige la calidad y establece los límites máximos aceptables y permisibles dentro del territorio guatemalteco es la norma COGUANOR NGO 29001 (Acuerdo Gubernativo No. 986-1999, publicado en el Diario de Centroamérica de fecha 04 de febrero de 2000), la que contempla el Análisis Químico Sanitario y el Examen Bacteriológico.

### **2.1.2.1. Análisis bacteriológico**

Se realiza este análisis para determinar la probabilidad de contaminación bacteriológica la cual pueda provocar proliferación de enfermedades gastrointestinales a la población. El objetivo principal de este análisis es detectar la contaminación de material fecal en la muestra, encontrando así presencia del grupo coliforme, comprendida por los bacilos, Escherrichia Ecoli la cual es huésped normal del intestino humano y animal; Aerobacter Aerógenes además de encontrarse en heces, se encuentra en raíces y semillas que se encuentran bajo tierra.

Obtenidos los resultados de este análisis es posible determinar el tratamiento de potabilización que se le dará al gua.

### **2.1.2.2. Análisis físico químico**

Dentro del análisis físico entran aquellos exámenes que pueden hacerse al agua a través de los sentidos, como lo es el sabor, color, temperatura, turbidez y olor.

Por medio den análisis químico podemos determinar la cantidad de minerales, el nivel de alcalinidad, la dureza, la presencia de cloruros, nitritos, oxígeno disuelto, amoníaco albuminoideo y el pH que posee el agua de estudio, y demás sustancias químicas que puede ser nocivas para la salud.

Dichas sustancias minerales deben quedar dentro de los límites máximos permisibles, o aceptables los cuales han sido normados para que sea posible su consumo humano. Límite máximo aceptable, se refiere a la conservación de compuestos que posea el agua no provoque efectos dañinos hacia la salud del

consumidor, el máximo permisible refiere a la conservación de compuestos que posea el agua no puede excederse debido a que esto implicaría un riesgo directo hacia la salud del consumidor.

### **2.1.3. Aforo de caudal**

El aforo es la determinación de caudal de una fuente. El aforo para utilizar en el proyecto fue realizado en meses de verano febrero-abril obteniendo por medio de la prueba de aforo realizada por la empresa encargada de realizar la perforación del pozo mecánico, dicha prueba tuvo una duración de 24 hrs obteniendo como resultado un caudal de 65 GPM (galones por minuto).

$$\text{Producción} = 65 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * \frac{3.7851 \text{ l}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 4.10 \frac{\text{ l}}{\text{ seg}}$$

## **2.2. Criterios de diseño**

Los criterios de diseño se aplican a cada proyecto según sus características que se describen a continuación.

### **2.2.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño es aquel en el cual el sistema de agua potable será funcional y cumple con la demanda requerida al 100 %. Para determinarlo se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Caudal.
- Población de diseño.
- Futuras ampliaciones de diseño.
- Vida útil de los materiales.

- Calidad de los materiales de construcción
- Costos y tasas de interés

El conjunto de estos factores determina un periodo de diseño óptimo, que es independiente a la capacidad o tamaño de los componentes del sistema.

Se establece para los efectos de la normativa lo siguiente (Instituto de Fomento Municipal INFOM, 2011, p.25):

- Obras civiles: 20 años.
- Equipos mecánicos: 5 años
- En casos especiales se considera el proyecto por etapas.
- Considerar el tiempo de gestión de 2 años.

Para el caso de este estudio se asignará un periodo de diseño de 20 años. Pasado este periodo se deberá replantear un nuevo estudio para determinar la capacidad del proyecto, y de ser necesario establecer si es necesario el cambio de ciertos elementos, tramos de distribución o en el peor de los casos, remodelación del sistema completo.

### **2.2.2. Población de diseño**

Debido a que el diseño del sistema de agua potable estará planificado para un periodo de tiempo determinado, es necesario determinar la población que utilizará el servicio durante ese período establecido.

Para la estimación de población futura existen varios métodos para este caso se consideró el método de incremento geométrico, el cuál es el más utilizado en Guatemala.

### 2.2.2.1. Método de incremento geométrico

Este método consiste en el cálculo de la población en base a la tasa de incremento geométrico; la cual consiste en cálculo de la población con base a la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registro en los diferentes censos registrados por la municipalidad, y se debe proyectar a el mismo periodo de diseño que se haya determinado.

Su fórmula es:

$$P_f = P_a * (1 + i)^n$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

i = Tasa de crecimiento en porcentaje

n = Periodo de diseño

Debido a la topografía que posee el terreno este se dividirá en dos partes por lo tanto se harán dos análisis similares con diferente cantidad de población teniendo en común la tasa de crecimiento y el periodo de diseño. Según los datos recopilados en la municipalidad tenemos los siguientes parámetros:

Población 1

Población 2

Pa = 816 habitantes.

Pa = 1878 habitantes.

i = 2.88 % (esta tasa se aplica a todos los caseríos de aldea Chijocon)

n = 20 años

Población 1

$$P_f = 816 * (1 + 2.88\%)^{20}$$

$$P_f = 1440.00 \text{ habitantes}$$

Población 2  $P_f = 1878 * (1 + 2.88\%)^{20}$

$$P_f = 3314.00 \text{ habitantes}$$

Por efectos de practicidad en el proyecto reduciremos la cantidad en un promedio de 6 habitantes por vivienda. Quedando nuestras poblaciones de diseño como:

### **2.2.3. Dotación**

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población, expresada en litros/habitante/día. Existen varios factores que determinan la dotación los cuales pueden ser:

- Clima
- Abastecimiento
- Actividades productivas
- Nivel de vida
- Calidad y cantidad del agua.

Si es posible, determinar la dotación por medio de estudios realizados de la demanda de la población o poblaciones similares. A falta de estos estudios se tomarán los siguientes valores:

**Tabla 1.**

*Dotación por servicio*

<b>Servicio</b>	<b>Dotación</b>
Aljibes	20 l/habitante/día
Pozo excavado con bomba manual.	20 l/habitante/día
A base de llena de cántaros exclusivamente.	30-60 l/habitante/día
Mixto llena de cántaros y conexiones prediales.	30-90 l/habitante/día
Exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda.	60-120 l/habitante/día
Conexiones intradomiciliarias con opción a varios grifos.	70-170 l/habitante/día

*Nota.* Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano. Noviembre 2011. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2016.

En la aldea Chijocon se considerará conexiones intradomiciliarias con opción a varios grifos por lo que se optó por una dotación de: 120 l/habitante/día.

#### **2.2.4. Factores de consumo y caudales**

Son caudales necesarios para el cálculo hidráulico del sistema en función a la población futura y los cuales se verán afectados por los siguientes factores:

##### **2.2.4.1. Factor día máximo (FDM)**

Este factor depende del registro de consumo máximo de un día durante un año, dependiente del área a servir. Al no poseer un registro de consumo, se utilizan los siguientes factores (Oliva D, 2005, p.21):

- Para poblaciones menores de 1,000 hab. Un FDM de 1.4 a 1.5.
- Para poblaciones mayores de 1,000 hab. Un FDM de 1.2 a 1.4.

Se considera también para sistemas rurales, un factor de variable entre 1.2 a 1.5.

Para el diseño de nuestra población se utilizará el factor de 1.2

#### **2.2.4.2. Factor hora máximo (FHM)**

Este factor depende del registro de consumo máximo de una hora durante el transcurso de un día, obteniéndolo de la tabulación de los datos de consumo horario. Se deberá justificar el factor que se haya seleccionado. Podemos utilizar los siguientes factores:

- Para poblaciones menores de 1,000 hab. Un FHM de 2.4 a 2.5
- Para poblaciones mayores de 1,000 hab. Un FHM de 2.0 a 2.3

La selección del factor es inversamente proporcional al número de habitantes a servir, por este motivo el factor que utilizaremos será el de 2, debido que nuestra población supera los 1,000 habitantes.

#### **2.2.4.3. Caudal medio diario**

Es el caudal Es el producto entre la dotación determinada para nuestra población y la población futura, esto dividido entre los números de segundos que posee un día. Se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$Qm = \frac{dot * Pf}{86,400}$$

Qm= Caudal medio diario dado en l/s

Dot= dotación poblacional

Pf=Población futura

Caudal medio para línea 1

$$Q_m = \frac{120 \text{ l/h/dia} * 1440 \text{ habitantes}}{86,400s}$$

$$Q_m = 2.00 \text{ l/s}$$

Caudal medio para línea 2

$$Q_m = \frac{120 \text{ l/h/dia} * 3314 \text{ habitantes}}{86,400s}$$

$$Q_m = 4.60 \text{ l/s}$$

#### **2.2.4.4. Caudal máximo diario (QMD)**

Se determina multiplicando el caudal medio por el factor máximo diario, el cual se selecciona tomando en consideraciones factores como la población, nivel socioeconómico.

$$Q_{md} = f_{md} * Q_m$$

Qmd=Caudal máximo diario

Fmd= Factor máximo diario

Qm= Caudal medio diario

$$Q_{md} = 2.00 \frac{l}{s} * 1.20$$

$$Q_{md} = 2.40 \frac{l}{s}$$

$$Q_{md} = 4.60 \frac{l}{s} * 1.20$$

$$Q_{md} = 5.52 \frac{l}{s}$$

#### 2.2.4.5. Caudal máximo horario (Qmh)

Se determina multiplicando el caudal medio por el factor máximo diario, el cual se selecciona tomando en consideraciones factores como la población, nivel socioeconómico.

$$Qmh = fmh * Qm$$

Qmh=Caudal máximo horario

Fmh= Factor máximo horario

Qm= Caudal medio diario

$$Qmh = 2.00 \frac{l}{s} * 2.00$$

$$Qmh = 4.60 \frac{l}{s} * 2.00$$

$$Qmh = 4.00 \frac{l}{s}$$

$$Qmh = 9.20 \frac{l}{s}$$

#### 2.2.4.6. Caudal de bombeo

Las líneas de conducción por gravedad deberán diseñarse con el caudal máximo diario.

La fórmula de caudal de bombeo está dada por la siguiente expresión:

$$Qb = \frac{Qmd * 24}{No. \text{ horas de Bombeo}}$$

Qb= Caudal de bombeo

Qmd= Cauda máximo diario.

Se recomienda un uso por día de las bombas de motor diésel un máximo de 12 horas y para bombas de motor eléctrico un máximo de 18 horas. Para nuestro proyecto se determinó a solicitud de la población debido a que la bomba debe proveer para dos tanques el uso de 12 horas de bombeo. Quedando de la siguiente manera el caudal de bombeo para ambas partes del proyecto.

$$Qb = \frac{2.40l/s*24hrs}{12 hrs}$$

$$Qb = 4.8 l/s$$

$$Qb = \frac{5.52l/s*24hrs}{12 hrs}$$

$$Qb = 11.04 l/s$$

### **2.2.5. Parámetros de diseño**

Para un diseño correcto de conducción y distribución son necesarios cumplir ciertos parámetros mínimos y máximos permisibles, esto para proteger el material y artefactos sanitarios.

#### **2.2.5.1. Velocidades máximas y mínima**

Las velocidades máximas y mínimas son las siguientes:

Para líneas de conducción:

- Mínima: 0.60 m/s
- Máxima 2.00 m/s

Esto para disminuir la sobre presión en el golpe de ariete.

Para líneas de distribución:

- Mínima: 0.40 m/s
- Máxima: 3.00 m/s

#### **2.2.5.2. Presiones**

Presión estática es la que se encuentra cuando el líquido está en reposo dentro de la tubería y el recipiente que la alimenta. Presión dinámica es aquella que se produce cuando hay flujo en el agua, siendo esta afectada por las pérdidas de energía por fricción, debido a las paredes internas de la tubería.

En consideración a la menor altura de las viviendas en áreas rurales las presiones en la red de distribución tendrán los siguientes valores:

- Mínimo: 10 metros (presión de servicio)
- Máxima: 60 metros (presión de servicio)

Presión hidrostática, máxima 60 metros. En este caso se deberá prestar atención a la calidad de las válvulas, accesorios para evitar fugas dentro del sistema de distribución.

#### **2.2.6. Línea de conducción**

El diseño de captación debe realizarse tomando de base el caudal máximo horario. Las fuentes deben garantizar un caudal continuo. Para este caso el tipo de captación es por medio de un pozo perforado el cual ya posee una bomba y se realizará el cálculo restante de la línea de captación.

### 2.2.6.1. Diámetro económico

Es necesario determinar el diámetro efectivo de la línea de conducción, debido a que de esto dependerá la potencia de la bomba, y por ende su efectividad, en caso de utilizar un diámetro relativamente grande, el resultado será pérdidas de energía pequeñas, por lo que la potencia de la bomba será menor, pero el costo de la tubería es mayor, en comparación a utilizar un diámetro relativamente pequeño la cual sus pérdidas de energía son mayores.

El diámetro que nos permite operar el sistema de manera efectiva y al menor costo lo denominaremos “diámetro económico (De)”, y se determina de la siguiente expresión:

$$De = 1.8675 * \sqrt{Q_b}$$

Donde:

De= diámetro económico

Qb= caudal de bombeo

Dada la raíz que se nos presenta en la expresión obtendremos un mayor y un menor diámetro los cuales evaluaremos dentro de los diámetros comerciales y determinar el más óptimo. Existen fórmulas para poder determinar el diámetro económico utilizando los rangos de velocidades descritos anteriormente por lo que consideramos la siguiente expresión:

$$De = \sqrt{\frac{1.974 * Q_b}{v}}$$

Donde:

De= diámetro económico

$Q_b$ = caudal de bombeo

$V$ = velocidades máximas y mínimas (0.40-0.60)

### 2.2.6.2. Carga dinámica total (CDT)

Denominada también altura total, es la totalidad de carga que debe superar la bomba para poder trasladar el flujo desde la su captación al tanque de distribución, y utilizado para determinar el diámetro económico.

La CDT se determina con la siguiente expresión:

$$CDT = H_s + H_c + H_i + H_f + H_m + H_v$$

Donde:

CDT= Carga dinámica total

$H_s$ = Altura de nivel dinámico a boca de pozo

$H_c$ = Pérdidas de carga por succión

$H_i$ = Altura de descarga

$H_f$ = Pérdidas de carga debido a la fricción

$H_m$ = Pérdidas menores

$H_v$ = Pérdidas por velocidad

- Altura de nivel dinámico a boca de pozo ( $H_s$ ): es la diferencia que existe entre el nivel dinámico y la altura de boca de pozo, determinada por la siguiente expresión:

$$H_s = \text{Cota boca del pozo} - \text{Cota nivel dinámico}$$

- Pérdida de carga en la succión ( $H_c$ ): es la pérdida que se produce por el paso de agua en la tubería, siendo desde donde está sumergida hasta donde está colocada la bomba; se obtiene a través de la fórmula de Hazzel y Williams:

$$H_f = \frac{1743.81114 * L * Q^{1.85}}{\emptyset^{4.87} * C^{1.85}}$$

Donde:

L= Longitud de tubería al tanque de distribución

Q= Caudal a transportar (Caudal de bombeo para línea de conducción)

$\emptyset$ = Diámetro de tubería

C= Coeficiente de fricción de tubería (100 para hg y 150 para PVC)

- Altura de la boca de pozo a la descarga ( $H_i$ ): es diferencia de nivel que existe entre la cota de descarga en este caso nuestro tanque ( $h_f$ ) y la cota de nivel de la boca de pozo ( $h_i$ ) definiéndose así:

$$H_i = h_f - h_i$$

- Pérdidas de la carga debido a la fricción ( $H_f$ ): esta pérdida se produce por el paso de agua en la tubería y se produce desde el nivel de la bomba hacia la descarga en este caso nuestro tanque de distribución, se obtiene aplicando la fórmula de Hazzel y William, descrita anterior mente:

$$H_f = \frac{1743.81114 * L * Q^{1.85}}{\emptyset^{4.87} * C^{1.85}}$$

- Pérdidas menores ( $H_m$ ): esta pérdida se produce por los diversos accesorios y válvulas que pueden colocarse en un solo tramo de tubería, se estima como el 10 % de las pérdidas por fricción:

$$H_m = 10 \% * H_f$$

- Pérdidas por velocidad ( $H_v$ ): son pérdidas que se producen en las tuberías, debido a cambios de velocidad que se producen en el flujo, en diferentes secciones o tipos de tubería si se conoce cuál es el valor del flujo en la tubería se obtiene con la siguiente expresión:

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

Donde:

V= Velocidad del flujo

g= Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

### **2.2.6.3. Sobre presión o golpe de ariete**

Golpe de ariete o sobre presión, se produce al aumento o disminución brusca de la presión dentro de la tubería, debido a una repentina variación de velocidad, ocasionado por un cierre o apertura de válvulas, paro o arranque de bombas. Este fenómeno puede provocar ruptura de presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa), por lo tanto, es necesario verificar si la tubería a utilizar está capacitada para soportar esta sobrepresión.

El golpe de ariete es una onda de presión que se propaga con una velocidad llamada celeridad, “a” que se calcula con la siguiente expresión (Aguilar, 2007, p.88):

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{Di}{e}}}$$

Donde:

a= Celeridad de onda (m/s.)

K= Módulo de elasticidad volumétrica del agua ( $2.07 * 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>)

E= Módulo de elasticidad del material

Di= Diámetro interno del tubo

e= Espesor de pared del tubo

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (m.c.a) está determinada como:

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

Donde:

a= Celeridad de onda (m/s.)

V= Velocidad del flujo dentro de la tubería

g= Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

El chequeo de la tubería resistente al golpe de ariete se realiza sumando la altura de bombeo más la sobre presión, que debe ser menor a la presión resistente de la tubería.

#### 2.2.6.4. Potencia de la bomba

Para la colocación de una bomba eléctrica sumergible se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$POT = \frac{Q * CDT}{76 * Ef}$$

Donde:

Q= Caudal de bombeo

CDT= Carga dinámica total

Ef= Eficiencia de la bomba (60 %-70 %)

POT= Potencia requerida por la bomba en Horse Power

#### 2.2.6.5. Especificaciones del sistema de conducción

- Determinación del diámetro económico: procedemos a realizar el cálculo del diámetro económico esto para la línea dos debido a que es la línea que posee un mayor caudal de consumo, debido a que debe cumplir con los rangos de velocidad descritos anteriormente procedemos a calcular:

$$De = \sqrt{\frac{1.974 * 11.04}{0.60}}$$

$$De = 6.02 \approx 6$$

$$De = \sqrt{\frac{1.974 * 11.04}{2.00}}$$

$$De = 3.30 \approx 4$$

- Carga dinámica total (CDT)

- Altura de nivel dinámico a boca de pozo (Hs): Se determino la cota de boca del pozo en la cota 0.00 y la cota de nivel dinámico en 680 pies de profundidad.

$$Hs = 680 \text{ pies} * \frac{1m}{3.28\text{pies}}$$

$$Hs = 207.32 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la succión (Hc)

Siendo:

L= Distancia sumergida de bomba es de 820 pies (250.0 m)

Q=Caudal de bombeo: 11.07 l/s

Ø= Diámetro interno de tubería: 6 plg

C= Coeficiente de fricción de tubería hg: 100

$$Hc_6 = \frac{1743.81114 * 250 \text{ m} * \left(\frac{11.07l}{s}\right)^{1.85}}{(6 \text{ plg})^{4.87} * (100)^{1.85}}$$

$$Hc_6 = 1.20 \text{ m} \quad Hc_4 = 8.69 \text{ m}$$

- Altura de la boca de pozo a la descarga (Hi)

Siendo:

Hf= Cota donde se ubicará el tanque 1033.72

Hi= Cota de boca del pozo 999.97

$$Hi = 1033.72 - 999.97$$

$$Hi = 33.75 \text{ m}$$

- Pérdidas de la carga debido a la fricción ( $H_f$ )

$$Hf_6 = \frac{1743.81114 * 638.52 \text{ m} * \left(\frac{11.07l}{s}\right)^{1.85}}{(6 \text{ plg})^{4.87} * (100)^{1.85}}$$

$$Hf_6 = 3.08 \text{ m} \quad Hf_4 = 22.198 \text{ m}$$

- Pérdidas menores ( $H_m$ ): esta pérdida se produce por los diversos accesorios y válvulas que pueden colocarse en un solo tramo de tubería, se estima como el 10 % de las pérdidas por fricción:

$$H_m = 10 \% * H_f$$

$$H_{m_6} = 10 \% * 3.08$$

$$H_{m_6} = 0.30 \text{ m} \quad H_{m_4} = 2.22 \text{ m}$$

- Pérdidas por velocidad ( $H_v$ )

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

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_6 = \frac{0.01104 \text{ m}^3/s}{\pi * (0.0762\text{m})^2}$$

$$V_6 = 0.605 \frac{m}{s} \quad V_4 = 1.36 \frac{m}{s}$$

$$H_{v_6} = \frac{(0.605 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$H_{v_6} = 0.019 \text{ m} \quad H_{v_4} = 0.094 \text{ m}$$

- Golpe de ariete

Primero se calculará la celeridad:

K= Módulo de elasticidad volumétrica del agua ( $2.07 \cdot 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>)

E= Módulo de elasticidad del material HG ( $1.05 \cdot 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>)

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2.07 \cdot 10^4}{1.05 \cdot 10^6} \cdot \frac{154.08}{7.11}}}$$

$$a_6 = 1,188.62$$

$$a_4 = 1,419.22$$

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (m.c.a) está determinada como:

$$\Delta P = \frac{1188.62 \cdot 0.605}{9.81}$$

$$\Delta P_6 = 73.379$$

$$\Delta P_4 = 196.75$$

**Tabla 2.**

*Comparativa de diámetro económico*

Tipo de pérdida (m)	Ø6"	Ø4"
<i>H<sub>s</sub></i>	207.32	207.32
<i>H<sub>c</sub></i>	1.20	8.69
<i>H<sub>i</sub></i>	33.75	33.75
<i>H<sub>f</sub></i>	3.08	22.20
<i>H<sub>m</sub></i>	0.30	2.22
<i>H<sub>v</sub></i>	0.02	0.09
<b>CDT</b>	<b>245.67</b>	<b>274.27</b>
<i>ΔP</i>	73.38	196.75
<b>Caso crítico</b>	<b>319.05</b>	<b>471.02</b>

*Nota.* Tabla comparativa relación diámetro y tipo de pérdidas obtenidas. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

Según se observa en el resumen anterior la pérdida menor corresponde a la tubería de diámetro de 6 pulgadas, en HG, tipo liviano, por lo que procedemos a calcular la potencia de la bomba:

- Potencia de la bomba

$$E_f = 0.70$$

$$POT = \frac{11.04 * 245.67}{76 * 0.7}$$
$$POT = 51.00 \text{ HP}$$

Se recomienda utilizar una bomba de 55.0 HP. Tipo sumergible.

Según el caso crítico tenemos que el sistema tiene una carga total con la carga provocada por el golpe de ariete, y la carga dinámica total, procedemos a compararlo según la capacidad del material.

$$319.05 \text{ m.c.a} * 1.419 = 452.74 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} < 725 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \text{ tubería hg}$$

Por lo que concluimos que la línea de conducción propuesta y la bomba sugerida cumplen con eficiente con el sistema.

### **2.2.7. Diseño de tanque de distribución**

Debido a las dos líneas en las que está dividido el proyecto es necesario el uso de un tanque para cada línea, mostrando a continuación el proceso de diseño de cada uno.

### **2.2.7.1. Tanque 1**

El objetivo de los tanques de distribución es almacenar y distribuir el agua dentro del sistema hidráulico, capaz de compensar las variaciones horarias de consumo, mantener las distintas presiones dentro de la red y poder proporcionar cierta reserva para posibles eventualidades.

Entre los requisitos que debe cumplir el tanque de distribución está el estar ubicado en un área idónea que permita el flujo del agua hacia todo el sistema o en su defecto a la mayor cantidad de puntos dentro de la red, así como lo más cercano a la población. Debido a esto y el tipo de tanque que mejor se adecue al sistema puede ser enterrado, semienterrado y elevado, y puede ser construido de distintos materiales como lo es concreto armado, concreto ciclópeo, metálicos e inclusive pueden encontrarse en la actualidad tanques elaborados de plástico resistente.

Debe mantener la potabilidad del agua, por ende, debe estar sellado de manera que no permita el ingreso de contaminación exterior, como lo es la lluvia, polvo, animales e insectos y elementos ajenos al sistema. Dentro de su diseño debe contemplarse un acceso para los casos necesarios, como mantenimiento y limpieza, respiraderos que permitan exteriorizar algún tipo de gas contaminante y que impidan su respectiva contaminación, y se debe contemplar un sistema de rebalse y drenaje el cual permita la evacuación total o parcial del tanque.

Para el diseño del tanque se considera la variación dentro de los distintos horarios de uso para poder determinar el volumen compensador, sin embargo, en proyectos nuevos como es nuestro caso, no se poseen registros ni estudios de consumo por horarios, se utilizan las normas que dictan la UNEPAR. El cual dictamina que para el volumen de diseño para sistemas por gravedad en áreas

rurales comprenderá entre 25 % y 40 % del caudal medio diario, y de 40 % a 65 % por medio de bombeo, en este proyecto se optó por un porcentaje de 40 % en ambas líneas por lo que nos quedaría de la siguiente manera, para la línea uno tendremos:

Datos línea 1

Caudal máximo diario: 2.40 l/s

Volumen compensador: 2.40l/s\* 40% =0.96 l/s

Convertimos el caudal a volumen:

$$0.96 \frac{l}{s} * \frac{86400s}{día} * \frac{1m^3}{1000l} = 82.94 m^3 /día$$

Se determinó una altura, de 2 m de altura a solicitud de la población, por temas de mantenimiento, y el ancho será dos veces la base, por lo que las dimensiones nos quedarían de la siguiente manera:

Volumen neto de agua:

$$V = H * A * B$$

Donde:

B=Base

H=Altura

A=Ancho

Sustituyendo valores determinados obtenemos:

$$82.94 \frac{m^3}{día} = 2m * B * (2B)$$

$$82.94 \frac{m^3}{día} = 4m * B^2$$

$$20.735 \frac{m^2}{día} = B^2$$

$$\sqrt{20.735 \frac{m^2}{día}} = B$$

$$4.56 = B$$

Las dimensiones preliminares son: 4.56 m de base, 9.12 m de ancho y 2 metros de altura, dando un volumen de 83.17 m<sup>3</sup> de agua, por lo que las medidas aproximadas quedarían de la siguiente manera:

Base = 5 metros

Ancho= 9.5 metros

Altura = 2.0 metros

Siendo un volumen final de 95 metros cúbicos.

#### **2.2.7.1.1. Diseño estructural tanque 1**

- Diseño de losa: para el diseño de losa se utilizará losa fundida, a través del método de 3 ACI. Comprobaremos el sentido de la losa si es en una o dos direcciones, así como el peralte de la misma (American Concrete Institute, 2014, p.101).

El coeficiente de momento  $m$  debe ser mayor a 0.50 para considerarse de dos direcciones, y en caso de ser menor se considera en una dirección.

$$m = a/b$$

Donde

a=lado menor (ancho)

b=lado mayor (largo)

$$m = 5/9.5$$

$$m = 0.53$$

Por lo tanto, concluimos que nuestra losa es en dos direcciones. Para el cálculo del espesor de la losa tenemos la siguiente expresión:

$$t = \frac{P}{180}$$

Donde:

P=Perímetro de la losa

A= Área de losa

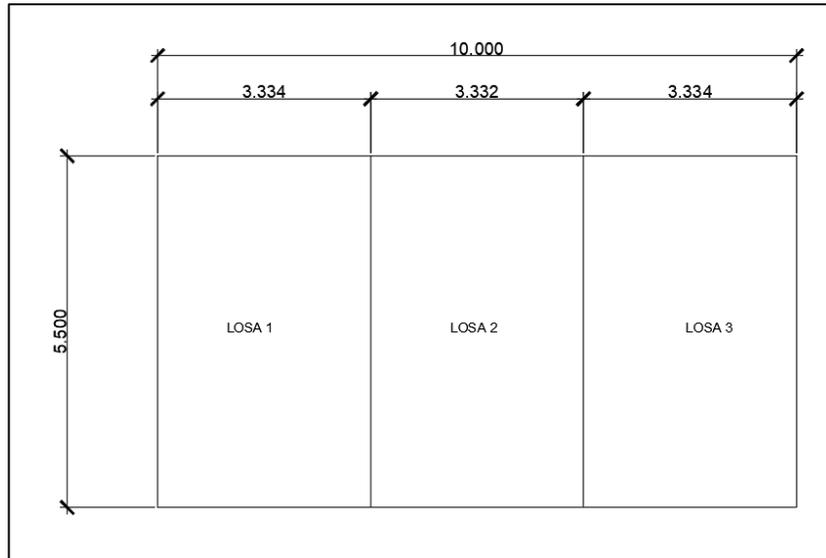
$$t = \frac{(2 * 5) + (2 * 9.5)}{180}$$

$$t = 0.16 \text{ m}$$

Debido a que nuestra losa es muy pesada procedemos a dividir la losa por medio de vigas secundarias. La losa se dividirá dentro de tres secciones.

**Figura 5.**

*Diagrama de losa tanque 1*



*Nota.* Diagrama de distribución de losas para su análisis y diseño estructural, para el tanque de distribución de la línea 1. Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2020.

Obteniendo así el espesor de losa:

$$t = \frac{(2 * 5.5) + (2 * 3.334)}{180}$$

$$t = 0.098 \approx 0.10 \text{ m}$$

- Integración de cargas: se consideró como peso específico del concreto 2400 kg/m<sup>3</sup>

Carga viva: 200 kg/m

Carga muerta

- Sobre carga: 100 kg/m

- Peso propio:  $2400 \text{ kg/m}^3 * 1.00 \text{ m} * 0.10 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}$

*Carga muerta: 340 kg/m*

*Carga viva: 200 kg/m*

- Carga última: se considera la siguiente combinación  $1.7 \text{ CM} + 1.4 \text{ CV}$  obteniendo así la carga última:

$$\text{CU} = 1.70 * (340 \text{ kg/m}) + 1.40 * (200 \text{ kg/m}) = 858.00 \text{ kg/m}$$

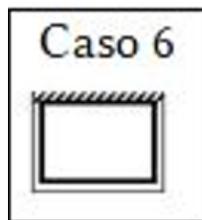
- Momentos: los momentos de las cargas se evaluarán según el método 3 del ACI por lo que tenemos los siguientes casos para nuestra losa. Debido a que se dividieron en tres secciones, estas se evalúan según las tablas de coeficientes de momento positivo y negativo para cargas vivas y muertas.

Relación a/b:

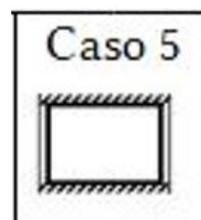
$$a/b = 3.334 / 5.50 = 0.61 \text{ se aproxima a } 0.65.$$

Coeficientes de momento positivo para carga muerta.

Losa 1 = Losa 3



Losa 2

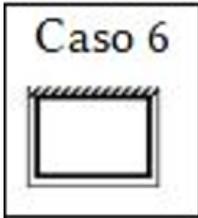


0.65	Ca-dl	0.054
	Cb-dl	0.007

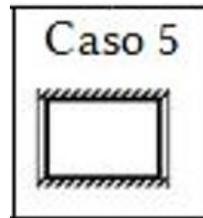
0.036
0.004

Coefficientes de momento positivo para carga viva.

Losa 1 = Losa 3



Losa 2

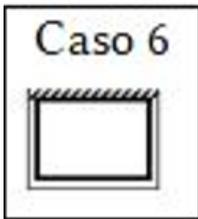


0.65 Ca-dl      0.064  
Cb-dl      0.010

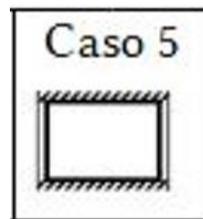
0.055  
0.009

Coefficientes de momento negativo para carga muerta + carga viva.

Losa 1 = Losa 3



Losa 2



0.65 Ca-dl      0.093  
Cb-dl

0.087

- Losa 1 = Losa 2
  - Momentos positivos lado corto

Carga Muerta:

$$Ma(+)= 0.054*(340kg/m)*(3.334m)^2$$

$$Ma(+)= 204.08 \text{ kg-m}$$

$$Ma(+)= 346.36 \text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Ma(+)= 0.064*(200kg/m)*(3.334m)^2$$

$$Ma(+)= 142.28 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos lado largo

Carga Muerta:

$$Mb(+)= 0.007*(340\text{kg/m})*(5.50\text{ m})^2$$

$$Mb(+)= 71.995\text{ kg-m}$$

$$Mb(+)= 132.495\text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Mb(+)= 0.010*(200\text{kg/m})*(5.50\text{ m})^2$$

$$Mb(+)= 60.5\text{ kg-m}$$

- Momentos negativos

$$Ma(-)= 0.093*(858\text{kg/m})*(3.334\text{ m})^2$$

$$Ma(-)= 886.95\text{ kg-m}$$

$$Mb(-)= 132.495\text{ kg-m} /3$$

$$Mb(-)= 44.165\text{ kg-m}$$

- Losa 3

- Momentos positivos lado corto

Carga Muerta:

$$Ma(+)= 0.036*(340\text{kg/m})*(3.334\text{m})^2$$

$$Ma(+)= 136.05\text{ kg-m}$$

$$Ma(+)= 258.33\text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Ma(+)= 0.055*(200\text{kg/m})*(3.334\text{m})^2$$

$$Ma(+)= 122.27\text{ kg-m}$$

- Momentos positivos lado largo

Carga Muerta:

$$Mb(+)= 0.004*(340\text{kg/m})*(5.50\text{ m})^2$$

$$Mb(+)= 41.14\text{ kg-m}$$

$$Mb(+)= 95.59\text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Mb(+)= 0.009*(200\text{kg/m})*(5.50\text{ m})^2$$

$$Mb(+)= 54.45\text{ kg-m}$$

- Momentos negativos

$$M_a(-) = 0.087 \cdot (858 \text{ kg/m}) \cdot (3.334 \text{ m})^2$$

$$M_a(-) = 829.73 \text{ kg-m}$$

$$M_b(-) = 95.59 \text{ kg-m} / 3$$

$$M_b(-) = 31.86 \text{ kg-m}$$

Según la norma los momentos negativos entre losas deben cumplir la siguiente regla:

Si,  $M_1 > 0.80 M_2$  se debe promediar entre momentos, al no cumplir esta regla se debe realizar un balanceo de momentos. Por lo que comprobamos:

$$886.95 \text{ kg-m} > 0.80 \cdot 829.73 \text{ kg-m}$$

$$886.95 \text{ kg-m} > 663.784 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_{\text{Promedio}} = \frac{[886.95 \text{ kg-m} + 829.73 \text{ kg-m}]}{2}$$

$$M(-)_p = 858.34 \text{ kg-m}$$

- Cálculo área de acero

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (resistencia de concreto)

$f'_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$  (resistencia del acero)

Varilla propuesta = #3 (3/8 de pulgada)

Área de varilla propuesta = #3 (0.71  $\text{cm}^2$ )

- Cálculo de peralte (d)

$$d = t - r - \phi/2$$

Donde:

d= peralte

t= espesor de losa

r= recubrimiento

∅= diámetro de varilla

$$d = 10 \text{ cm} - 2.50 \text{ cm} - 0.95 \text{ cm}/2$$

$$d = 7.00 \text{ cm}$$

- Cálculo de área de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = (40\%) * \left(\frac{14.1}{f_y}\right) * b * d$$

Donde:

f<sub>y</sub>= resistencia del acero

b= franja unitaria de losa

d= peralte efectivo

$$A_{s_{min}} = (40\%) * \left(\frac{14.1}{2810}\right) * 100 \text{ cm} * 7.00 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = 1.40 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$1.41 \text{ cm}^2 \text{ -----} 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ -----} S$$

$$S = 50.35 \text{ cm}$$

Según norma tenemos que, S<sub>max</sub> = 3t

$S_{max}=3*(10 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}$ . pero según  $S > S_{max}$  lo calculamos por medio del acero máximo.

$A_s$  ----- 100 cm

$0.71 \text{ cm}^2$  ----- 30 cm

$A_s \text{ max} = 2.37 \text{ cm}^2$

Momento resistente al área de acero máximo ( $A_s=2.37\text{cm}^2$ ):

$$M_{u_{min}} = \varphi \left[ A_{s_{mx}} * f_y \left( d - \frac{A_{s_{mx}} * f_y}{1.70 * f'_c * b} \right) \right]$$

Donde:

$M_u$ = momento último

$b$ = franja unitaria de losa

$d$ = peralte efectivo

$f_y$ = resistencia del acero

$f'_c$ = resistencia del concreto

$\varphi = 0.90$  factor

$A_{s_{max}}$ = área de acero máximo

$$M_u = 0.90 \left[ 2.37 \text{ cm}^2 * 2,810 \text{ kg/cm}^2 \left( 7.0 \text{ cm} - \frac{2.37 \text{ cm}^2 * 2,810 \text{ kg/cm}^2}{1.70 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 100 \text{ cm}} \right) \right]$$

$$M_{u_{min}} = 410.68 \text{ kg} - m$$

- Comprobación de acero en sentido corto (a)

$$A_{s_a} = \frac{M(-)_p * A_{s_{max}}}{M_{u_{min}}}$$

$$A_{s_a} = \frac{858.34 \text{ kg} - m * 2.37 \text{ cm}^2}{410.68 \text{ kg} - m}$$

$$A_s = 4.95 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$S_a = \frac{As_{mx}}{As_a} * 33$$

$$S_a = \frac{2.37 \text{ cm}^2}{4.95 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm}$$

$$S_a = 15.80 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

- Comprobación de acero en sentido largo (b)

$$As_b = \frac{M(-)_p * A_{smax}}{Mu_{min}}$$

$$As_b = \frac{346.36 \text{ k} - m * 2.37 \text{ cm}^2}{410.68 \text{ kg} - m}$$

$$As = 2.00 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$S_a = \frac{As_{mx}}{As_a} * 33$$

$$S_a = \frac{2.37 \text{ cm}^2}{2.00 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm}$$

$$S_a = 39.11 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm} \text{ debido a que la separación max es de } 30 \text{ cm}$$

- Diseño de vigas
  - Predimensionamiento: para el predimensionamiento de la viga se tomará el concepto de la altura de viga un 7 % de la luz a cubrir y como base la mitad de la altura.

$$\text{Alto de viga} = 5.50 \text{ m (luz a cubrir)} * 7\% = 0.385 \approx 0.40 \text{ m}$$

Y según la relación base altura, la base será de 0.20 m.

$$\text{Alto de viga} = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Base de viga} = 0.20 \text{ m}$$

- Integración de cargas: se consideró como peso específico del concreto 2,400 kg/m<sup>3</sup>, una resistencia de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y resistencia al acero de 2,810 kg/cm<sup>2</sup> y las siguientes cargas:

Carga viva: 200 kg/m<sup>2</sup>

Sobre carga: 100 kg/m<sup>2</sup>

- Cargas muertas

$$\text{Peso propio} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.40 \text{ m} * 5.50 \text{ m} * 0.20 \text{ m} = 1,056.00 \text{ kg}$$

$$\text{Peso losa} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.10 \text{ m} * 12.78 \text{ m}^2 = 3,067.20 \text{ kg}$$

$$\text{Peso sobre carga} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 12.78 \text{ m}^2 = 1,278.00 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta} = 5,401.20 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta por metro lineal} = \frac{5401.20 \text{ kg}}{5.50 \text{ m}} = 982.04 \text{ kg/m}$$

- Cargas vivas

$$\text{Carga viva} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 12.78 \text{ m}^2 = 2,556.00 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta por metro lineal} = \frac{2,556.0 \text{ kg}}{5.50 \text{ m}} = 464.73 \text{ kg/m}$$

- Carga última

$$\text{Carga última} = 1.40 \text{ Cm} + 1.7 \text{ Cv}$$

$$Carga \acute{u}ltima (Cu) = 1.40 * \left(982.04 \frac{kg}{m}\right) + 1.70 * \left(464.73 \frac{kg}{m}\right)$$

$$Cu = 2,164.90 \frac{kg}{m}$$

○ Momentos

$$Momento \ Positivo \ M(+)= Cu * \frac{l^2}{16}$$

$$Momento \ Positivo \ Mu(+)= 2,164.90 \frac{kg}{m} * \frac{(5.50 \ m)^2}{16} = 4,093.00 \ kg - m$$

$$Mu(+)= 4,093.00 \ kg - m$$

$$Momento \ Negativo \ Mu(-)= 2,164.90 \ kg/m * \frac{(5.50 \ m)^2}{24}$$

$$Momento \ Negativo \ Mu(-)= 2,728.67 \ kg - m$$

○ Diseño a Flexión

Se asume los siguientes datos:

a= 10 cm

recubrimiento= 4 cm

peralte= 36 cm

Iteración de momentos con acero máximo y mínimo:

$$a = As * f_y / (0.85 * f'c * b)$$

**Tabla 3.***Análisis de momentos en vigas tanque 1*

VIGA					
MOMENTO NEGATIVO			MOMENTO POSITIVO		
As min	3.59	cm2	As min	3.59	cm2
As max	19.98	cm2	As max	19.98	cm2
a min	<b>2.82</b>	<b>cm</b>			
ITERACION	As (cm2)	a (cm)	ITERACION	As (cm2)	a (cm)
1	3.480	2.740	1	5.221	4.109
2	3.116	2.452	2	4.768	3.753
3	3.103	2.442	3	4.743	3.733
4	3.102	2.442	4	4.741	3.732
5	3.102	2.442	5	4.741	3.732
6	3.102	2.442	6	4.741	3.732
7	3.102	2.442	7	4.741	<b>3.732</b>
CHEQUEO	<b>USAR As min</b>		CHEQUEO	<b>OK</b>	

*Nota.* Análisis estructural de vigas, por momentos de cargas vivas y muertas. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

Obteniendo así los respectivos valores de a, para ingresar al momento resistente al hacer.

$$M_u = \Phi * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Donde:

Mu= momento resistente al área de acero.

Factor de resistencia por flexión  $\Phi = 0.90$

As= área de acero propuesto

f<sub>y</sub>= resistencia del acero

d= peralte

a= según iteración de momentos.

Se propone varilla y cantidad para momento positivo y momento negativo.

- Armado propuesto para momento negativo

No. Varilla: # 4  
 Cantidad de varillas: 4  
 Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 1.27  
 Área total (cm<sup>2</sup>): 5.07

- Armado propuesto para momento positivo

No. Varilla: # 4  
 Cantidad de varillas: 4  
 Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 1.27  
 Área total (cm<sup>2</sup>): 5.07

- Calculamos momento resistente
  - Para momento negativo

$$Mur(-) = 0.90 * 5.07 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left( 36 \text{ cm} - \frac{2.82 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$Mur(-) = 4,432.35 \text{ kg} - m$$

- Para momento positivo

$$Mur(+) = 0.90 * 5.07 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left( 36 \text{ cm} - \frac{\text{cm}}{2} \right)$$

$$Mur(+) = 4,374.14 \text{ kg} - m$$

Según ACI comprobamos que el momento resistente sea mayor a momento actuante en vigas:

$$Mur(-) > Mu(-)$$

$$4,432.35 \text{ kg} - m > 2,728.67 \text{ kg} - m$$

Momento positivo si chequea armado a flexión.

$$M_{ur}(+) > M_{u}(+)$$
$$4,374.14 \text{ kg} - m > 4,093.00 \text{ kg} - m$$

Momento negativo si chequea armado a flexión.

- Diseño a corte
  - Resistencia del concreto a corte

$$V_c = \Phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

$V_c$ = Resistencia del concreto a corte

$\Phi=0.85$

$f'_c$ = resistencia al concreto (210 kg/cm<sup>2</sup>)

$b$ = base de viga

$d$ = peralte de la viga

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 20 * 36$$
$$V_c = 4,700.42 \text{ kg}$$

- Reacción cortante en viga

$$C_u = 2,164.90 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$
$$V_u = C_u/2$$
$$C_u/2 = 2,164.90 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5.50\text{m}/2$$
$$V_u = 5,953.44\text{kg}$$

- Cortante total:

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\Phi}$$

Donde:

$V_u$  = cortante de viga

$V_c$  = cortante resistente del concreto

$\Phi = 0.85$

$$V_s = \frac{5,953.44 \text{ kg} - 4,700.42 \text{ kg}}{0.85}$$

$$V_s = 1,474.14 \text{ kg}$$

- Chequeo de corte:

$$V_s < 0.82 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_s < 0.82 * \sqrt{210} * 20 * 36$$

$$1,474.14 < 8,555.71$$

Si chequea

$$V_u < \Phi * (V_c + 2.2 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$V_u < 0.85 * (4,700.42 + 2.2 * \sqrt{210} * 20 * 36)$$

$$5,953.44 < 23,506.55$$

Si chequea

- Proponer varillas para estribo

No. Varilla: # 2

Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 0.32

Se considera el área de acero como doble varilla, debido al corte transversal de la viga.

- Separación de estribos

$$S = A_v * f_y * \frac{d}{V_s} * \Phi$$

Donde:

S= separación entre estribos

$A_v$ = área de acero transversal de varilla

$f_y$ = resistencia del acero

d= peralte

$\Phi=0.85$

$$S = 0.633 \text{ cm}^2 * 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{36 \text{ cm}}{2,303.62 \text{ kg}} * 0.85$$

$$S = 23.62 \text{ cm}$$

Según ACI indica que se debe cumplir:

$$S_{max} = d/2$$

$$S_{max} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

Separación de en la parte central estribos:

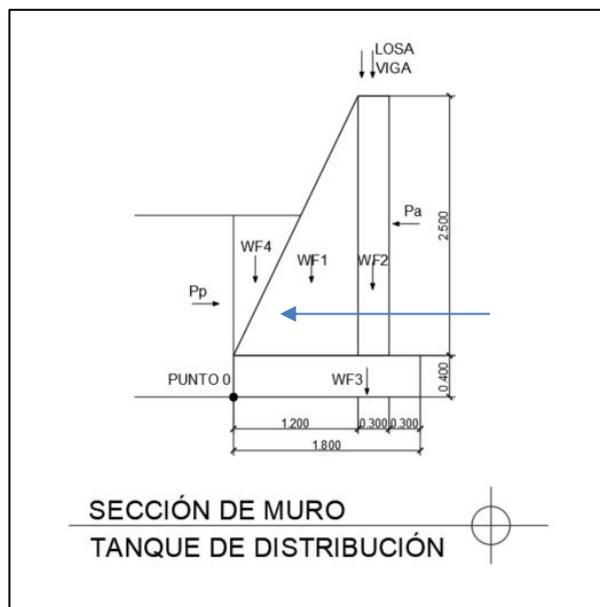
$$S = 18 \text{ cm}$$

- Diseño de muros

El muro se consideró el sistema por gravedad, realizado con concreto ciclópeo las dimensiones preliminares y datos para su diseño se muestran en el siguiente esquema:

**Figura 6.**

*Diagrama de fuerzas en muro tanque 1*



*Nota.* Diagrama de fuerzas que interactúan sobre los muros del tanque de distribución de la línea 1. Elaboración propia realizado en AutoCAD 2020.

- Cargas sobre muro: para la carga de losa sobre el muro se toma un valor uniforme de peso muerto, y se considerará para el cálculo de carga última de la losa, actuando puntualmente sobre el muro como se muestra en la figura. Para la carga proveniente de la viga, se considerará como carga puntual teniendo así el siguiente cálculo:

- Losa

$$\text{Peso proio losa} = 1 \text{ m} * 0.10 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso proio losa} = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobe carga losa} = 1 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobre carga losa} = 100 \text{ kg/m}$$

- Viga

$$\text{Peso proio viga} = 0.20 \text{ m} * 0.40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso proio viga} = 192 \text{ kg/m}$$

*Carga muerta:*

$$\text{Carga muerta} = 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 192 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga muerta} = 532 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva

$$\text{Carga viva} = 1.0 \text{ m} * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga viva} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga última

$$\text{Carga última } CU = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$\text{Carga última } CU = 1.4 * \left(532 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) + 1.7 * \left(200 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right)$$

$$\text{Carga última } CU = 1,084.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga total de losa } CU_L = CU * \frac{A}{L}$$

Donde:

CU= Carga última

L= Longitud del muro

A= Área

$$\text{Carga total de losa } CU_L = 1,084.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \frac{5.30 \text{ m}^2}{5.50\text{m}}$$

$$\text{Carga total de losa } CU_L = 1,044.76 \text{ kg}$$

Procedemos a calcular la franja unitaria que actuará sobre nuestro muro

$$CL = 1,044.76 \text{ kg/m} * 1\text{m}$$

$$CL = 1,044.76 \text{ kg}$$

Para calcular las presiones que estarán en contacto con nuestro muro, utilizaremos el método de Rankine, que nos proporciona las siguientes fórmulas:

$$Pa = \frac{\gamma_{H_2O} * H^2 * Ka}{2}$$

$$Pp = \frac{\gamma_s * H^2 * Kp}{2}$$

Donde:

Ys = Peso específico del suelo

YH2O = Peso específico del agua

H = Altura del material considerado

Ka, Kp = Coeficiente de fricción activa (a) y pasiva (p), y se definirán de la siguiente manera:

$$Ka = \cos\beta * \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$$

Donde:

$\beta$  = inclinación de terreno con relación a la horizontal

$\emptyset$  = ángulo de fricción interna

Si,  $0 = \beta$

Entonces;

$$Ka = \frac{1 - \text{sen } \emptyset}{1 + \text{sen } \emptyset} \quad Ka = \frac{1 + \text{sen } \emptyset}{1 - \text{sen } \emptyset}$$

Dichas fórmulas de la constante de Rankine, que nos da la presión horizontal, según el tipo de suelo corresponde a la constante para el empuje activo, en la siguiente tabla se muestra los valores de ángulo de fricción interna, el valor soporte de suelo (V.S.) y el peso específico para cada tipo de suelo (Mendoza, 2010, p. 50).

**Tabla 4.**

*Capacidad soporte del suelo*

Tipo de suelo	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	$\emptyset$	Vs (ton/m <sup>2</sup> )
Arcilla dura	1600-1900	25-35	40
Arcilla suave	1500-1600	20-35	10
<b>Arena y arcilla mezcladas</b>	<b>1500-1900</b>	<b>23-30</b>	<b>20</b>
Arena fina	1900-2100	25-35	30
Arena gruesa	1500-1900	33-40	40
Grava	1900-2100	33-40	60

*Nota.* Tabla que muestra capacidad de soporte de suelo, ángulo de fricción interna y peso específico del suelo Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2016.

Obteniendo así los datos para el cálculo:

$$Ys = 1,800 \text{ kg/m}^3$$

$$YH_2O = 1,000 \text{ kg/m}^3$$

$Y_{cc} = 2,200 \text{ kg/m}^3$  (concreto ciclópeo)

$V_s = 20 \text{ ton/m}^3$

$\emptyset = 26^\circ$

$$K_a = \frac{1 - \sin 26^\circ}{1 + \sin 26^\circ} \quad K_p = \frac{1 + \sin 26^\circ}{1 - \sin 26^\circ}$$

$$K_a = 0.39 \quad K_p = 2.56$$

$$P_a = \frac{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (2.50 \text{ m})^2 * 0.39}{2}$$

$$P_a = 1,220.19 \text{ kg}$$

$$P_p = \frac{1,800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (1.75 \text{ m})^2 * 2.56}{2}$$

$$P_p = 7,058.95 \text{ kg}$$

A continuación, presentaremos los momentos ejercidos por cada figura geométrica que compone nuestro muro de contención, considerando también las cargas ejercidas en la losa, con respecto al punto O.

**Tabla 5.**

*Sumatoria de momentos en muro de contención, tanque 1*

Figura	$\gamma = (\text{kg/m}^3) * A(\text{m}^2) * 1\text{m}$	W (kg)	Brazo (m)	M (kg-m)
WF1	$\frac{1}{2} * 1.20 * 2.50 * 1.0 * 2,200$	3,300.00	0.80	2,640.00
WF2	$0.30 * 2.50 * 1.0 * 2,200$	1,650.00	1.35	2,227.50
WF3	$0.40 * 1.80 * 1.0 * 2,200$	1,584.00	0.90	1,425.60
WF4	$\frac{1}{2} * 0.648 * 1.35 * 1.0 * 1,800$	787.32	0.216	170.06
PP		7,058.95	0.58	4,094.19
CL		1,044.76	1.35	1,410.426
<b>Total</b>		<b>15,425.03</b>		<b>11,967.78</b>

*Nota.* Momentos actuantes en muro de contención respecto al punto O. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

- Chequeos
  - Chequeo contra volteo: Para que el momento resiste el volteo, el factor de seguridad (FS) debe ser mayor de 1.5. Teniendo así la siguiente expresión:

$$FS = \frac{Mr}{Mv} > 1.50$$

Donde:

Mr= Momento Resultante Total

Mv= Momento de volteo

$$Mv = Pa * \frac{H}{3}$$

Donde:

Mv= Momento de volteo

Pa=Presión activa

H= Altura del muro.

$$M = 1,220.19 \text{ kg} * \frac{2.50\text{m}}{3}$$

$$Mv = 1,016.825 \text{ kg} - m$$

y

$$Mr = 11,967.78 \text{ kg} - m$$

Tendremos que nuestro factor de seguridad será:

$$FS = \frac{11,967.78 \text{ kg} - m}{1,016.83\text{kg} - m}$$

$$FS = 11.77 > 1.50$$

El muro si chequea contra volteo.

- Chequeo contra deslizamiento: debido a las características que presenta el suelo (arena con arcillas), se utiliza el siguiente coeficiente de fricción:

$$Cf = 0.90 * \tan \phi$$

$$Cf = 0.90 * \tan 26$$

$$Cf = 0.4389$$

Fuerza de fricción:

$$Ff = W * CF$$

Donde:

Ff= Fuerza de fricción

W= Carga total del muro

Cf=Coeficiente de fricción

$$Ff = 15,425.03 \text{ kg} * 0.4389$$

$$Ff = 6,770.05 \text{ kg}$$

Nuestro factor de seguridad se obtiene de la siguiente expresión:

$$FS = \frac{Pp + f}{Pa} > 1.50$$

Donde:

Fs.= Factor de seguridad.

Pp= Presión pasiva.

Ff= Fuerza de fricción.

Pa= Presión activa.

$$FS = \frac{7,058.95 + 6,770.05}{1,220.19}$$

$$FS = 11.33 > 1.50$$

El muro si chequea contra deslizamiento.

- Chequeo de presiones: el suelo debe ser capaz de soportar las cargas que provengan de la estructura, así como los efectos relacionados, en este caso la capacidad soporte del suelo es de 20 toneladas sobre metro cuadrado, según valores para el tipo de suelo.

$$X = \frac{Mr - Mv}{w}$$

Donde:

X= Distancia aplicada

Mr= Momento resultante

Mv=Momento de volteo

W= Carga total

$$X = \frac{11,967.78 \text{ kgm} - 1,016.825 \text{ kgm}}{15,425.03 \text{ kg}}$$

$$X = 0.71 \text{ m}$$

Excentricidad:

$$e = \frac{L}{2} - X$$

Donde:

e=Excentricidad

X=Distancia aplicada

L= Longitud de muro

$$e = \frac{1.8}{2} - 0.71$$

$$e = 0.19$$

Presión sobre el suelo:

$$q = \frac{W}{L} \pm \frac{6 * e * W}{L^2}$$

$$q_{max} = q(\text{sumado}) < q_{uh}$$

$$q_{min} = q(\text{diferencia}) > 0$$

Donde:

q=presión sobre el suelo

qmax= presión máxima

qmin= presión mínima

quh= capacidad soporte

W= Carga total

L= Longitud de base del muro

$$q = \frac{15,425.03 \text{ kg}}{1.80 \text{ m}} \pm \frac{6 * 0.19\text{m} * 15,425.03 \text{ kg}}{1.80\text{m}^2}$$

$$q_{max} = 13,996.79 \frac{\text{kg}}{\text{m}} < 20,000\text{kg}/\text{m}$$

$$q_{min} = 3,142.134 \frac{\text{kg}}{\text{m}} > 0$$

De acuerdo con estos resultados el muro resiste las cargas a la que estará sometido, no tendrá presión mayor al valor soporte ni presiones negativas.

### 2.2.7.2. Tanque 2

Datos línea 2

Caudal máximo diario: 5.52 l/s

Volumen compensador: 5.52 l/s\* 40 % =2.21 l/s

Convertimos el caudal a volumen:

$$2.21 \frac{l}{s} * \frac{86400s}{día} * \frac{1m^3}{1000l} = 190.94 m^3/día$$

Se determinó una altura, de 2m de altura a solicitud de la población, por temas de mantenimiento, y el ancho será dos veces la base, por lo que las dimensiones nos quedarían de la siguiente manera:

Volumen neto de agua:

$$V = H * A * B$$

Donde:

B=Base

H=Altura

A=Ancho

Sustituyendo valores determinados obtenemos:

$$190.94 \frac{m^3}{día} = 2m * B * (2B)$$

$$190.94 \frac{m^3}{día} = 4m * B^2$$

$$47.735 \frac{m^2}{día} = B^2$$

$$\sqrt{20.735 \frac{m^2}{día}} = B$$

$$6.91 m = B$$

Las dimensiones preliminares son: 6.91 m de base, 13.82 m de ancho y 2 metros de altura, dando un volumen de 190.99 m<sup>3</sup> de agua, por lo que las medidas aproximadas quedarían de la siguiente manera:

Base = 7 metros

Ancho= 14 metros

Altura = 2.0 metros

Siento un volumen final de 196 metros cúbicos.

#### 2.2.7.2.1. Diseño estructural tanque 2.

- Diseño de losa  
Determinación de direcciones

$$m = a/b$$

Donde

a=lado menor (ancho)

b=lado mayor (largo)

$$m = 7/14$$

$$m = 0.50$$

Por lo tanto, concluimos que nuestra losa es en dos direcciones. Para el cálculo del espesor de la losa tenemos la siguiente expresión:

$$t = \frac{P}{180}$$

Donde:

P=Perímetro de la losa

A= Área de losa

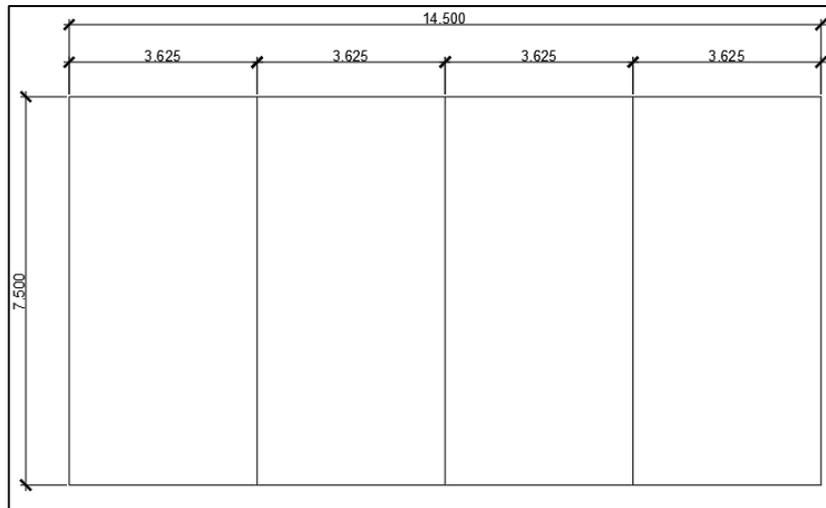
$$t = \frac{(2 * 7.5) + (2 * 14.5)}{180}$$

$$t = 0.24 \text{ m}$$

Debido a que nuestra losa es muy pesada procedemos a dividir la losa por medio de vigas secundarias. La losa se dividirá en cuatro secciones.

### Figura 7.

*Diagrama de losa tanque 2*



*Nota.* Diagrama de distribución de losas para su análisis y diseño estructural, para el tanque de distribución de la línea 2. Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2020.

Obteniendo así el espesor de losa:

$$t = \frac{(2 * 7.5) + (2 * 3.625)}{180}$$

$$t = 0.123 \approx 0.125 \text{ m}$$

- Integración de cargas: se consideró como peso específico del concreto 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Carga viva: 200 kg/m

Carga muerta

- Sobre carga: 100 kg/m
- Peso propio: 2400 kg/m<sup>3</sup> \* 1.00 m \* 0.10m = 3000 kg/m.

*Carga muerta: 400 kg/m*

*Carga viva: 200 kg/m*

- Carga última: se considera la siguiente combinación 1.7 CM+1.4CV obteniendo así la carga última:

$$CU = 1.70 * (400 \text{ kg/m}) + 1.40 * (200 \text{ kg/m}) = 900.00 \text{ kg/m}$$

- Momentos

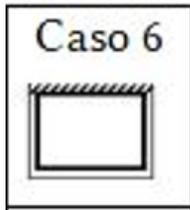
Relación a/b:

$$a/b = 3.625 / 7.50 = 0.503 \text{ se aproxima a } 0.50$$

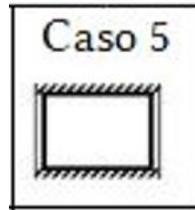
Coeficientes de momento positivo para carga muerta.

Losa 1= Losa 3

Losa 2



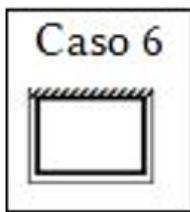
0.50 Ca-dl 0.061  
Cb-dl 0.003



0.039  
0.001

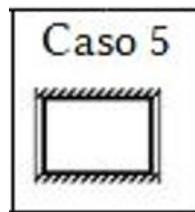
Coeficientes de momento positivo para carga viva.

Losa 1 = Losa 3



0.50 Ca-dl 0.078  
Cb-dl 0.005

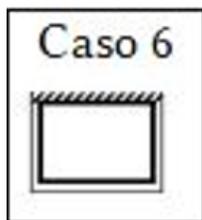
Losa 2



0.067  
0.004

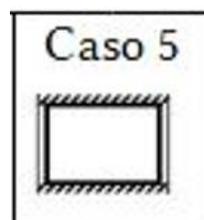
Coeficientes de momento negativo para carga muerta + carga viva.

Losa 1 = Losa 3



0.50 Ca-dl 0.097  
Cb-dl

Losa 2



0.090

- Losa 1 = Losa 2
  - Momentos positivos lado corto

Carga Muerta:

$$Ma(+)= 320.63 \text{ kg-m}$$

$$Ma(+)= 525.625 \text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Ma(+)= 204.99 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos lado largo

Carga Muerta:

$$Mb(+)= 67.50 \text{ kg-m}$$

$$Mb(+)= 123.75 \text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Mb(+)= 56.25 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos

$$Ma(-)= 0.097*(900\text{kg/m})*(3.625 \text{ m})^2$$

$$Ma(-)= 1,147.18 \text{ kg-m}$$

$$Mb(-)= 123.75 \text{ kg-m} /3$$

$$Mb(-)= 41.25 \text{ kg-m}$$

- Losa 3
  - Momentos positivos lado corto

Carga Muerta:

$$Ma(+)= 204.99 \text{ kg-m}$$

$$Ma(+)= 381.08 \text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Ma(+)= 176.08 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos lado largo

Carga Muerta:

$$Mb(+)= 22.50 \text{ kg-m}$$

$$Mb(+)= 67.50 \text{ kg-m}$$

Carga viva:

$$Mb(+)= 45.00 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos

$$Ma(-)= 0.090*(900 \text{ kg/m})*(3.625 \text{ m})^2$$

$$Ma(-)= 1,064.39 \text{ kg-m}$$

$$Mb(-)= 67.50 \text{ kg-m} /3$$

$$Mb(-)= 22.50 \text{ kg-m}$$

Comprobamos:

$$1,147.18 \text{ kg-m} > 0.80*1,064.39 \text{ kg-m}$$

$$1,147.18 \text{ kg-m} > 851.512 \text{ kg-m}$$

$$M(-)Promedio = \frac{[1,147.18 \text{ kg} - m + 1,064.39 \text{ kg} - m]}{2}$$

$$M(-)_p = 1,105.78 \text{ kg} - m$$

- Cálculo área de acero

$$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ (resistencia de concreto)}$$

$$f'y= 2810 \text{ kg/cm}^2 \text{ (resistencia del acero)}$$

$$\text{Varilla propuesta} = \#4 \text{ (1/2 de pulgada)}$$

$$\text{Área de varilla propuesta} = \#4 \text{ (1.27 cm}^2\text{)}$$

- Cálculo de peralte (d)

$$d = 12.5 \text{ cm} - 2.50 \text{ cm} - 1.27 \text{ cm}/2$$

$$d = 9.37 \text{ cm}$$

- Cálculo de área de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = (40\%) * \left(\frac{14.1}{f_y}\right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = (40\%) * \left(\frac{14.1}{2810}\right) * 100 \text{ cm} * 9.37 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = 1.88 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$1.88 \text{ cm}^2 \text{ -----} 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ -----} S$$

$$S = 67.40 \text{ cm}$$

Según norma tenemos que,  $S_{max} = 3t$ .

$S_{max} = 3 * (12.5 \text{ cm}) = 37.50 \text{ cm}$ , pero según  $S > S_{max}$  lo calculamos por medio del acero máximo.

$$A_s \text{ -----} 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ -----} 37.5 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ max} = 3.38 \text{ cm}^2$$

Momento resistente al área de acero máximo ( $A_s = 2.37 \text{ cm}^2$ ):

$$M_{u_{min}} = \phi \left[ A_{s_{mx}} * f_y \left( d - \frac{A_{s_{mx}} * f_y}{1.70 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$Mu = 0.90 \left[ 3.38 \text{ cm}^2 * 2,810 \text{ kg/cm}^2 \left( 9.37 \text{ cm} - \frac{3.38 \text{ cm}^2 * 2,810 \text{ kg/cm}^2}{1.70 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 100 \text{ cm}} \right) \right]$$

$$Mu_{min} = 777.34 \text{ kg} - m$$

- Comprobación de acero en sentido corto (a)

$$As_a = \frac{M(-)_p * A_{smax}}{Mu_{min}}$$

$$As_a = \frac{1,105.78 \text{ kg} - m * 3.38 \text{ cm}^2}{777.34 \text{ kg} - m}$$

$$As = 4.81 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$S_a = \frac{As_{mx}}{As_a} * 33$$

$$S_a = \frac{3.38 \text{ cm}^2}{4.81 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm}$$

$$S_a = 23.19 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

- Comprobación de acero en sentido largo (b)

$$As_b = \frac{M(-)_p * A_{smax}}{Mu_{min}}$$

$$As_b = \frac{525.625 \text{ kg} - m * 2.37 \text{ cm}^2}{410.68 \text{ kg} - m}$$

$$As = 2.28 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento

$$S_a = \frac{As_{mx}}{As_a} * 33$$

$$S_a = \frac{3.38 \text{ cm}^2}{2.28 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm}$$

$$S_a = 48.92 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm debido a que la separación max es de } 37.5 \text{ cm}$$

- Diseño de vigas
  - Predimensionamiento

$$\text{Alto de viga} = 7.50 \text{ m (luz a cubrir)} * 7 \% = 0.525 \approx 0.55 \text{ m}$$

y según la relación base altura, la base será de 0.20 m

$$\text{Alto de viga} = 0.55 \text{ m}$$

$$\text{Base de viga} = 0.30 \text{ m}$$

- Integración de cargas: se consideró como peso específico del concreto 2,400 kg/m<sup>3</sup>, una resistencia de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y resistencia al acero de 2,810 kg/cm<sup>2</sup> y las siguientes cargas:

Carga viva: 200 kg/m<sup>2</sup>

Sobre carga: 100 kg/m<sup>2</sup>

- Cargas muertas

$$\text{Peso propio} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.55 \text{ m} * 7.50 \text{ m} * 0.30 \text{ m} = 2,970 \text{ kg}$$

$$\text{Peso losa} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.125 \text{ m} * 20.617 \text{ m}^2 = 6,185.10 \text{ kg}$$

$$\text{Peso sobre carga} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 20.617 \text{ m}^2 = 2,061.70 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta} = 11,216.80 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta por metro lineal} = \frac{11,216.80 \text{ kg}}{7.50 \text{ m}} = 1495.57 \text{ kg/m}$$

- Cargas vivas

$$Carga\ viva = 200 \frac{kg}{m^2} * 20.617\ m^2 = 4,123.40\ kg$$

$$Carga\ muerta\ por\ metro\ lineal = \frac{4,123.40\ kg}{7.50\ m} = 549.79\ kg/m$$

- Carga última

$$Carga\ última = 1.40\ Cm + 1.7Cv$$

$$Carga\ última\ (Cu) = 1.40 * \left(1495.57 \frac{kg}{m}\right) + 1.70 * \left(549.79 \frac{kg}{m}\right)$$

$$Cu = 3,028.44 \frac{kg}{m}$$

- Momentos

$$Momento\ Positivo\ M(+)= Cu * \frac{l^2}{16}$$

$$Momento\ Positivo\ Mu(+)= 3,028.44 \frac{kg}{m} * \frac{(7.50\ m)^2}{16} = 10,646.86\ kg - m$$

$$Mu(+)= 10,646.86\ kg - m$$

$$Momento\ Negativo\ Mu(-)= 3,028.44\ kg/m * \frac{(7.50\ m)^2}{24}$$

$$Momento\ Negativo\ Mu(-)= 7,097.91\ kg - m$$

- Diseño a Flexión

Se asume los siguientes datos:

a= 10 cm

recubrimiento= 4 cm

peralte= 36 cm

Iteración de momentos con acero máximo y mínimo:

$$a = As * f_y / (0.85 * f'c * b)$$

**Tabla 6.**

*Análisis de momentos en vigas tanque 2*

VIGA					
MOMENTO NEGATIVO			MOMENTO POSITIVO		
As min	7.62	cm2	As min	7.62	cm2
As max	42.46	cm2	As max	42.46	cm2
a min	<b>4.00</b>	<b>Cm</b>	a min	4.00	cm
ITERACION	As (cm2)	a (cm)	ITERACION	As (cm2)	a (cm)
1	6.101	3.202	1	9.152	4.802
2	5.681	2.981	2	8.663	4.546
3	5.669	2.975	3	8.640	4.534
4	5.668	2.974	4	8.639	4.533
5	5.668	2.974	5	8.639	4.533
6	5.668	2.974	6	8.639	4.533
7	5.668	2.974	7	8.639	<b>4.533</b>
CHEQUEO	<b>USAR As min</b>		CHEQUEO	<b>OK</b>	

*Nota.* Análisis estructural de vigas, por momentos de cargas vivas y muertas. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

Obteniendo así los respectivos valores de a, para ingresar al momento resistente al hacer.

$$Mu = \Phi * As * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

- Armado propuesto para momento negativo

No. Varilla: # 4

Cantidad de varillas: 6  
 Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 1.27  
 Área total (cm<sup>2</sup>): 7.60

- Armado propuesto para momento positivo

No. Varilla: # 5  
 Cantidad de varillas: 6  
 Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 1.98  
 Área total (cm<sup>2</sup>): 11.88

- Calculamos momento resistente

- Para momento negativo

$$M_{ur(-)} = 0.90 * 7.60 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left( 51 \text{ cm} - \frac{4.0 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$M_{ur(-)} = 9,418.75 \text{ kg} - m$$

- Para momento positivo

$$M_{ur(+)} = 0.90 * 11.88 \text{ cm}^2 * \frac{2810 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left( 51 \text{ cm} - \frac{4.53 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$M_{ur(+)} = 14,636.75 \text{ kg} - m$$

Según ACI comprobamos que el momento resistente sea mayor a momento actuante en vigas:

$$M_{ur(-)} > M_{u(-)}$$

$$9,418.75 \text{ kg} - m > 7,097.91 \text{ kg} - m$$

Momento positivo si chequea armado a flexión.

$$M_{ur(+)} > M_{u(+)}$$

$$14,636.75 \text{ kg} - m > 10,646.86 \text{ kg} - m$$

Momento negativo si chequea armado a flexión.

- Diseño a corte

- Resistencia del concreto a corte

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 51$$

$$V_c = 9,988.40 \text{ kg}$$

- Reacción cortante en viga

$$C_u = 3,028.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$V_u = C_u / 2$$

$$C_u / 2 = 3,028.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 7.50 \text{m} / 2$$

$$V_u = 11,356.65 \text{ kg}$$

- Cortante total

$$V_s = \frac{11,356.65 \text{ kg} - 9,988.40 \text{ kg}}{0.85}$$

$$V_s = 1,609.71 \text{ kg}$$

- Chequeo de corte

$$V_s < 0.82 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_s < 0.82 * \sqrt{210} * 30 * 51$$

$$1,609.71 < 18,180.88$$

*Si chequea*

$$V_u < \Phi * (V_c + 2.2 * \sqrt{f'c} * b * d)$$

$$V_u < 0.85 * (9,988.40 + 2.2 * \sqrt{210} * 30 * 51)$$

$$11,356.65 < 49,951.42$$

*Si chequea*

- Proponer varillas para estribo

No. Varilla: # 2

Área de varilla unitaria (cm<sup>2</sup>): 0.32

Se considera el área de acero como doble varilla, debido al corte transversal de la viga.

- Separación de estribos

$\Phi=0.85$

$$S = 0.633 \text{ cm}^2 * 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{51 \text{ cm}}{1,609.71 \text{ kg}} * 0.85$$

$$S = 47.93 \text{ cm}$$

Según ACI indica que se debe cumplir:

$$S_{max} = d/2$$

$$S_{max} = \frac{51}{2} = 25.50 \text{ cm}$$

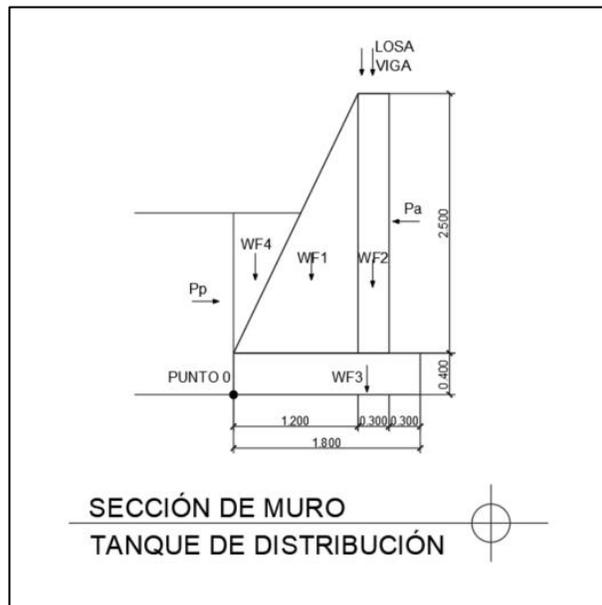
Separación de en la parte central estribos:

$$S = 25.50 \text{ cm}$$

- Diseño de muros

**Figura 8.**

*Diagrama de fuerzas en muro tanque 2*



*Nota.* Diagrama de fuerzas que interactúan sobre los muros del tanque de distribución de la línea 2. Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2020.

- Cargas sobre muro

- Losa

$$\text{Peso propio losa} = 1 \text{ m} * 0.10 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso propio losa} = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobre carga losa} = 1 \text{ m} * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobre carga losa} = 100 \text{ kg/m}$$

- Viga

$$\text{Peso propio viga} = 0.20 \text{ m} * 0.40 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso propio viga} = 192 \text{ kg/m}$$

- Carga muerta

$$Carga\ muerta = 240 \frac{kg}{m} + 100 \frac{kg}{m} + 192 \frac{kg}{m}$$

$$Carga\ muerta = 532 \frac{kg}{m}$$

- Carga viva

$$Carga\ viva = 1.0\ m * 200 \frac{kg}{m^2}$$

$$Carga\ viva = 200 \frac{kg}{m}$$

- Carga última

$$Carga\ última\ CU = 1.4\ CM + 1.7\ CV$$

$$Carga\ última\ CU = 1.4 * \left(532 \frac{kg}{m}\right) + 1.7 * \left(200 \frac{kg}{m}\right)$$

$$Carga\ última\ CU = 1,084.80 \frac{kg}{m}$$

$$Carga\ total\ de\ losa\ CU_L = CU * \frac{A}{L}$$

$$Carga\ total\ de\ losa\ CU_L = 1,084.80 \frac{kg}{m} * \frac{5.30\ m^2}{5.50m}$$

$$Carga\ total\ de\ losa\ CU_L = 1,044.7\ kg$$

Procedemos a calcular la franja unitaria que actuará sobre nuestro muro

$$CL = 1,044.76\ kg/m * 1m$$

$$CL = 1,044.76\ kg$$

Obteniendo así los datos para el cálculo según la Tabla IV. Procedemos a calcular las presiones que interactuarán con nuestro muro.

$$Ys = 1,800\ kg/m^3$$

$$\gamma_{H_2O} = 1,000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{cc} = 2,200 \text{ kg/m}^3 \text{ (concreto ciclópeo)}$$

$$\gamma_s = 20 \text{ ton/m}^3$$

$$\phi = 26^\circ$$

$$K_a = \frac{1 - \sin 26^\circ}{1 + \sin 26^\circ} \quad K_p = \frac{1 + \sin 26^\circ}{1 - \sin 26^\circ}$$

$$K_a = 0.39$$

$$K_p = 2.56$$

$$P_a = \frac{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (2.50 \text{ m})^2 * 0.39}{2}$$

$$P_a = 1,220.19 \text{ kg}$$

$$P_p = \frac{1,800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (1.75 \text{ m})^2 * 2.56}{2}$$

$$P_p = 7,058.95 \text{ kg}$$

A continuación, presentaremos los momentos ejercidos por cada figura geométrica que compone nuestro muro de contención, considerando también las cargas ejercidas en la losa, con respecto al punto O.

**Tabla 7.***Sumatoria de momentos en muro de contención, tanque 2*

Figura	$\gamma=(\text{kg}/\text{m}^3)*A(\text{m}^2)*1\text{m}$	W (kg)	Brazo (m)	M (kg-m)
WF1	$\frac{1}{2}*1.20*2.50*1.0*2,200$	3,300.00	0.80	2,640.00
WF2	$0.30*2.50*1.0*2,200$	1,650.00	1.35	2,227.50
WF3	$0.40*1.80*1.0*2,200$	1,584.00	0.90	1,425.60
WF4	$\frac{1}{2}*0.648*1.35*1.0*1,800$	787.32	0.216	170.06
PP		7,058.95	0.58	4,094.19
CL		1,044.76	1.35	1,410.426
<b>Total</b>		<b>15,425.03</b>		<b>11,967.78</b>

*Nota.* Momentos actuantes en muro de contención respecto al punto O. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

- Chequeos
  - Chequeo contra volteo

$$Mv = 1,220.19 \text{ kg} * \frac{2.50\text{m}}{3}$$

$$Mv = 1,016.825 \text{ kg} - m$$

y

$$Mr = 11,967.78 \text{ kg} - m$$

Tendremos que nuestro factor de seguridad será:

$$FS = \frac{11,967.78 \text{ kg} - m}{1,016.83\text{kg} - m}$$

$$FS = 11.77 > 1.50$$

El muro si chequea contra volteo.

○ Chequeo contra deslizamiento

▪ Coeficiente de fricción

$$Cf = 0.90 * \tan \emptyset$$

$$Cf = 0.90 * \tan 26$$

$$Cf = 0.4389$$

▪ Fuerza de fricción

$$Ff = 15,425.03 \text{ kg} * 0.4389$$

$$Ff = 6,770.05 \text{ kg}$$

▪ Factor de seguridad

$$FS = \frac{7,058.95 + 6,770.05}{1,220.19}$$

$$FS = 11.33 > 1.50$$

El muro si chequea contra deslizamiento.

○ Chequeo de presiones

$$X = \frac{11,967.78 \text{ kgm} - 1,016.825 \text{ kgm}}{15,425.03 \text{ kg}}$$

$$X = 0.71 \text{ m}$$

▪ Excentricidad

$$e = \frac{1.8}{2} - 0.71$$

$$e = 0.19$$

▪ Presión sobre el suelo

$$q = \frac{15,425.03 \text{ kg}}{1.80 \text{ m}} \pm \frac{6 * 0.19 \text{ m} * 15,425.03 \text{ kg}}{1.80 \text{ m}^2}$$

$$q_{max} = 13,996.79 \frac{kg}{m} < 20,000kg/m$$

$$q_{min} = 3,142.134 \frac{kg}{m} > 0$$

De acuerdo con estos resultados el muro resiste las cargas a la que estará sometido, no tendrá presión mayor al valor soporte ni presiones negativas.

### **2.2.8. Diseño hidráulico de la red de distribución:**

A continuación, se muestra el cálculo de los diferentes componentes de nuestro sistema de abastecimiento, para que su funcionamiento sea óptimo y su costo sea el menor posible.

#### **2.2.8.1. Cálculo de diámetro:**

Para el diseño de la red de distribución utilizaremos el caudal máximo horario, así mismo utilizaremos la fórmula de Hazen y William para determinar el diámetro de tubería para nuestra red, como se muestra a continuación:

Ejemplo 1 Línea de conducción 1: Ramal 23 entre E-61a a E-67a

Datos:

Cota inicial: 1094.38

Cota final: 1062.04

Hf= 1094.38-1062.04 = 32.34 m

Caudal Q= 0.27 l/s

Coefficiente de fricción (PVC) C= 150

Largo entre estaciones: 262.30 metros

$$D = \left[ \frac{1743.81114 * L * Q^{1.85}}{Hf * C^{1.85}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = \left[ \frac{1743.81114 * 262.30 * 0.27^{1.85}}{32.34 * 150^{1.85}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = 0.64 \text{ pulgadas}$$

Este cálculo de diámetro se aproxima al diámetro comercial superior, siendo este el diámetro de ¾ de pulgada, y por lo que procedemos a calcular nuevamente la pérdida con el nuevo diámetro:

$$Hf = \frac{1743.81114 * 262.30 * 0.27^{1.85}}{0.75^{4.87} * 150^{1.85}}$$

$$Hf = 15.08 \text{ m}$$

Procedemos a verificar la velocidad, con la siguiente expresión:

$$V = 1.974 * \frac{Q}{D^2}$$

Donde:

V= Velocidad del flujo

Q= Caudal del flujo

D= Diámetro de la tubería

$$V = 1.974 * \frac{0.27}{0.75^2}$$

$$V = 0.94 \frac{m}{s}$$

Por lo que comprobamos que la velocidad está dentro del rango permisible.

Ejemplo 2 Línea de conducción 2: Ramal 39 entre E-89 a E-90

Datos:

Cota inicial: 856.20

Cota final: 835.01

Hf= 856.20-835.01 = 21.19 m

Caudal Q= 0.208 l/s

Coeficiente de fricción (PVC) C= 150

Largo entre estaciones: 123.70 metros

$$D = \left[ \frac{1743.81114 * L * Q^{1.85}}{Hf * C^{1.85}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = \left[ \frac{1743.81114 * 123.70 * 0.208^{1.85}}{21.19 * 150^{1.85}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = 0.55 \text{ pulgadas}$$

Pérdida de nuevo diámetro:

$$Hf = \frac{1743.81114 * 123.70 * 0.208^{1.85}}{0.75^{4.87} * 150^{1.85}}$$

$$Hf = 4.52 \text{ m}$$

Procedemos a verificar la velocidad.

$$V = 1.974 * \frac{0.208}{0.75^2}$$

$$V = 0.73 \frac{m}{s}$$

Por lo que comprobamos que la velocidad está dentro del rango permisible.

Los resultados completos se mostrarán en la tabla del apéndice 2.

### **2.2.9. Obras de arte**

Las denominadas obras de arte, son artefactos o accesorios hidráulicos que se instalan dentro del sistema de abastecimiento, con el fin de optimizar el flujo del vital líquido.

#### **2.2.9.1. Caja rompe presiones**

Esta obra de arte se construye con el fin de controlar la presión interna de la tubería, aliviando o rompiendo la presión en la línea de distribución. Esto ayudando a que se evite la falla de la tubería y accesorios cuando la presión estática de diseño supera o iguala la presión de trabajo máximo de los mismos. Funciona de la siguiente manera, la caja disipa la presión acumulada dentro de la tubería al tener contacto con la atmosfera y disminuye súbitamente su velocidad, al tener un cambio drástico de sección hidráulica.

Dichas cajas se colocan antes que la presión estática sobrepase los 80 m.c.a. en una línea de conducción y los 60 m.c.a. en la distribución.

Para este proyecto se construirán cajas rompe presión, en las estaciones:

#### **2.2.9.2. Válvula de limpieza**

Son aquellas que se usan para extraer los sedimentos que se acumulan en los puntos bajos de las tuberías, se colocan únicamente en la línea de conducción ya que en la distribución los chorros realizan dicha tarea, sin embargo, en este proyecto se colocaron a solicitud de la municipalidad para poder realizar mantenimiento por parte de la población.

### **2.2.9.3. Válvulas de aire**

Estos artefactos tienen la función de permitir expulsar el aire acumulado en las tuberías en los puntos altos de la misma, evitando la formación de burbujas de aire que obstruyan el paso libre del agua.

### **2.2.9.4. Válvulas reductoras de presión**

Es una válvula automática que funciona mediando la disminución y estabilización de la presión del agua, se utiliza cuando la presión del agua supera la presión máxima admisible evitando así la falla y que demás artefactos se lastimen con el golpe de ariete, colocándose manómetros antes y después de la válvula para controlar la presión dentro del sistema. Dentro de la línea de conducción éste se utilizará en los ramales 79 y 80, la cual se instalará dentro de las líneas que conduzcan a las conexiones domiciliarias.

### **2.2.10. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias son aquellas que se instalan desde la tubería de distribución hasta el inicio del predio donde se encuentran las viviendas, estas se componen en la mayoría de los casos de los siguientes accesorios:

- Abrazadera, o té con reductor, para la adaptación de la tubería proveniente de la distribución a la conexión de la vivienda.
- Llave de paso.
- Contador.
- Llave de compuerta.
- Cajas para válvulas.

### **2.2.11. Desinfección del sistema.**

Para poder tratar el agua de nuestro pozo y hacerla apta para el consumo humano existen distintos procesos necesarios que alteran la composición específica inicial del agua, a este proceso se le conoce comúnmente como desinfección, cuyo proceso está destinado a eliminar microorganismos y evitar el desarrollo de microorganismos patógenos, de significado sanitario, como algas y bacterias ferro-conductoras. Dicho proceso de desinfección será dictaminado por el estudio fisicoquímico y exámenes bacteriológicos, que determinan las concentraciones de los diferentes parámetros físicos y químicos que contiene el agua inicialmente.

Existen distintos tipos de desinfección del agua, los más empleados son los métodos químicos entre los que encontramos: el yodo, la plata y el cloro siendo el último el más recomendable y el más utilizado en la actualidad.

#### **2.2.11.1. Cloración**

Es el proceso que se le da al agua utilizando el cloro o sus derivados. hipoclorito de calcio o tabletas de tricloro, siendo este último uno de los más simples de utilizar y en ocasiones el más económico.

- Tabletetas de tricloro

Se optó por instalar tabletetas o pastillas de tricloro por su fácil instalación y mantenimiento, se instalará en la salida de nuestro tanque, en serie con la tubería de la red principal de distribución.

Las tabletas de tricloro son una forma de presentación del cloro, pastillas de 200 gramos de peso, con dimensiones de diámetro 3 pulgadas por 1 pulgada de espesor, que cuentan con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador. La velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 hrs. Para determinar la cantidad de tabletas al mes para clorar el caudal de conducción se hace mediante la fórmula para hipocloritos la cual es la siguiente:

$$G = \frac{C * M * D}{\%CL}$$

Donde:

G= Gramos de tricloro

C= Miligramos por litro

M= Litros de agua a tratarse por día (Qm\*86,400 s)

D= Número de días

%CL= concentración de cloros

La cantidad de gramos de tricloro oscila entre 0.07 % y 0.15 % este depende mucho del caudal que se utilizará, para este caso utilizaremos el valor de 0.1 % y se planifica el mantenimiento se realice mensualmente por lo que los días a utilizar serán 30 días por lo que la expresión nos queda:

Para la línea 1

Qm= 2.00 l/s

$$M = 2.00 \frac{l}{s} * 86,400 s$$

$$M = 172,800 l$$

$$G = \frac{0.001 * 172,800 l * 30 \text{ días}}{0.90}$$

$$G = 5,760.00 \text{ gramo}$$

$$\text{número de pastillas} = \frac{5760.00 \text{ g}}{200\text{g}}$$

$$\text{número de pastillas} = 29 \text{ unidades}$$

Para la línea 2

$$Q_m = 4.60 \text{ l/s}$$

$$M = 4.60 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 86,400 \text{ s}$$

$$M = 389,160 \text{ l}$$

$$G = \frac{0.001 * 389,160 \text{ l} * 30 \text{ días}}{0.90}$$

$$G = 12,972.00 \text{ gramos/mes}$$

$$\text{número de pastillas} = \frac{12,972.00 \text{ g}}{200\text{g}}$$

$$\text{número de pastillas} = 64.86 \text{ unidades/mes}$$

### **2.3. Presupuesto del proyecto**

Con el presupuesto final del proyecto es posible determinar la viabilidad de éste, y el costo de inversión necesario para su ejecución.

#### **2.3.1. Presupuesto General del proyecto**

El presupuesto del proyecto ha sido realizado mediante la integración de costos de los materiales cuantificados según planos finales y solicitudes por parte de la municipalidad y la respectiva población.

A continuación, se presenta el presupuesto general del proyecto:

**Tabla 8.***Presupuesto general del proyecto*

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
1.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 6" hg	ml	2,261.20	Q 502.72	Q1,136,753.63
2.00	Trazo, excavación y construcción de tanque de almacenamiento para línea 1	Unidad	1.00	Q248,950.13	Q 248,950.13
3.00	Trazo, excavación y construcción de tanque de almacenamiento para línea 2	Unidad	1.00	Q324,287.38	Q 324,287.38
4.00	Sistema de clorificación	Global	2.00	Q 4,502.00	Q 9,003.99
5.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 4" 160 psi agua potable.	ml	1,054.30	Q 210.76	Q 222,203.02
6.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 3" 160 psi agua potable.	ml	847.89	Q 189.49	Q 160,667.51
7.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 2.5" 160 psi agua potable.	ml	1,223.23	Q 127.17	Q 155,559.53
8.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 2" 160 psi agua potable.	ml	2,756.46	Q 103.05	Q 284,042.37
9.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 1 1/2" 160 psi agua potable.	ml	3,851.31	Q 85.84	Q 330,603.18
10.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 1" 160 psi agua potable.	ml	5,142.71	Q 79.08	Q 406,698.38
11.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 3/4" 160 psi agua potable.	ml	5,914.28	Q 122.72	Q 725,788.19
12.00	Trazo, corte, instalación y relleno de tubería de diámetro 1/2" 160 psi agua potable.	ml	3,725.18	Q 104.20	Q 388,176.67
13.00	Conexiones domiciliarias incluye un tubo de 1/2" por vivienda.	unidades	449.00	Q 131.71	Q 59,136.78
14.00	Suministro e Instalación de válvulas de limpieza, incluye construcción de cajón protector	unidades	13.00	Q 3,088.55	Q 40,151.20
15.00	Suministro e Instalación de válvulas de aire incluye construcción de cajón protector	unidades	14.00	Q 3,640.55	Q 50,967.76
16.00	Suministro e instalación de válvula reductora de presión, incluye construcción de cajón protector.	unidades	2.00	Q 3,321.05	Q 6,642.11
17.00	Construcción de caja rompe presión	unidades	32.00	Q 5,886.68	Q 188,373.89
<b>Total</b>					<b>Q 4,738,005.71</b>

Nota. Presupuesto que contiene el costo total del proyecto, materiales y mano de obra.  
Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

### **2.3.2. Análisis económico**

Para un diseño completo del proyecto es necesario realizar un estudio económico que relacione el costo de la construcción del sistema, los gastos de mantenimiento y operación de sus distintos componentes, como lo son el tanque, sistema de conducción, sistema de distribución y obras de arte, lo que determinará una tarifa sugerida para la población beneficiada.

#### **2.3.2.1. Costo de operación y mantenimiento**

El costo de operación del sistema deberá realizarlo un fontanero, el cual deberá velar por el correcto funcionamiento del sistema, así como la distribución de horas de distribución de agua para cada tanque, según lo acordado entre comunidades. Así mismo deberá detectar posibles fugas y reparaciones necesarias, limpieza y sistema de clorificación de los tanques. Para efectos de presupuesto se considerará un salario de fontanero de Q 3,500.00 mensuales.

El mantenimiento del sistema se realizará una vez al año, en los equipos de mayor tamaño como lo son limpieza de ambos tanques, limpieza de distintas válvulas que posee el sistema, así como su respectiva reparación y remplazo de accesorios por deterioro. Se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 9.***Costo de mantenimiento anual del sistema*

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
1.00	Limpieza de tanque anual, limpieza de cajas y válvulas de acometida anual, tanque 1	año	1.00	Q12,000.00	Q 12,000.00
2.00	Limpieza de tanque anual, limpieza de cajas y válvulas de acometida anual, tanque 2	año	1.00	Q16,000.00	Q 16,000.00
3.00	Limpieza y mantenimiento de válvulas, de aire y limpieza del sistema	unidad	32.00	Q 700.00	Q 22,400.00
4.00	Limpieza y mantenimiento de cajas de presión	unidad	32.00	Q 9000.00	Q 28,800.00
<b>Total, anual</b>					<b>Q 79,200.00</b>
<b>Total, mensual</b>					<b>Q 6,600.00</b>

*Nota.* Resumen de los costos anual y mensualmente ejecutados para el mantenimiento y limpieza de los tanques. Elaboración propia. Microsoft Excel 2016.

El costo de tratamiento es aquel que conlleva la compra de suministros para el sistema de clorificación, el cual mantendrá al sistema de distribución en óptimas condiciones para su consumo.

**Tabla 10.***Costo de tratamiento de sistema*

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
1.00	Mantenimiento de sistema de clorificación (tabletas tricloro) tanque de línea 1	tableta/ mensual	29	Q 75.00	Q 2,175.00
2.00	Mantenimiento de sistema de clorificación (tabletas tricloro) tanque de línea 2	tableta/ mensual	64	Q 75.00	Q 4,875.00
<b>Total, anual</b>					<b>Q84,600.00</b>
<b>Total, mensual</b>					<b>Q 7,050.00</b>

*Nota.* Costo del tratamiento por clorificación en ambas líneas dentro del proyecto. Elaboración propia realizado en Microsoft Excel 2016.

Para que el proyecto pueda ejecutarse de la mejor manera se necesitará de una o varias personas encargadas de realizar distintas diligencias con respecto al proyecto, por lo que se estima un costo de administración, para cubrir gastos como papelerías, viáticos, sellos entre otros. Para este proyecto se estimará un 20 % de la suma de los costos anteriores.

$$\text{Costo administrativo} = 0.15 * O + M + T$$

$$\text{Costo administrativo} = 0.20 * (Q3,500.00 + Q6,600.00 + Q7,050.00)$$

$$\text{Costo administrativo} = Q3,430.00$$

Se estimará un costo de reserva para cualquier imprevisto que afecte el proyecto, el cual se considerará un 15 % de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$\text{Costo reserva} = 0.15 * O + M + T$$

$$\text{Costo reserva} = 0.15 * (Q3,500.00 + Q6,600.00 + Q7,050.00)$$

$$\text{Costo reserva} = Q2,572.50$$

### **2.3.2.2. Tarifa**

La tarifa mensual es la suma de todos los costos anterior mente mencionando entre la población beneficiada.

$$\text{Tarifa} = \frac{O + M + T + A + R}{\text{Población}}$$

Donde:

O= costo de operación

M= costo de mantenimiento

T= costo de tratamiento

A=costo administrativo

R=costo de reserva

$$Tarifa = \frac{Q3,500.00 + Q6,600.00 + Q7,050.00 + Q3,430.00 + Q2,572.50}{449}$$

$$Tarifa = Q51.56 \approx Q52.00 \text{ mensuales}$$

Se determinó una tarifa mensual por vivienda conectada al sistema de Q 52.00 para cubrir gastos de mantenimiento, operación, e imprevistos que pueda ocasionar la ejecución el proyecto.

### **2.3.2.3. Estudio socioeconómico**

Los proyectos a ejecutar deben ser sometidos a análisis que determinen su rentabilidad y conveniencia del mismo. Para ello cuantificaremos y analizaremos sus costos y beneficios.

#### **2.3.2.3.1. Valor Presente Neto**

El valor presente neto es el flujo de efectivo o costos proyectados, dentro de nuestro proyecto, a través del tiempo, para determinar la rentabilidad del proyecto al término del periodo diseñado, actualmente en el mercado guatemalteco se utiliza como tasa de rendimiento o descuento un 12 %.

$$VPN = \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n}$$

Donde:

i= tasa de rendimiento

n=periodo de diseño

Dado que nuestro proyecto es un proyecto de beneficio para la población no interviene alguna entidad para financiar el proyecto, por lo que se analizará solamente su autosostenibilidad. Procedemos a calcular el costo de operación, mantenimiento y demás costos anuales que intervienen en nuestro proyecto.

$$CA = O + M + T + A + R$$

Donde:

O= costo de operación

M= costo de mantenimiento

T= costo de tratamiento

A=costo administrativo

R=costo de reserva

$$CA = (Q3,500.00 + Q6,600.00 + Q7,050.00 + Q3,430.00 + Q2,572.50) * 12 \text{ meses}$$

$$CA = Q277,830.00$$

Procedemos a calcular el valor presente de operación y mantenimiento anual (Melgar, 2014, p.44).

$$VP_{CA} = CA * \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right]$$

Como explicamos anteriormente se considerará una tasa de rendimiento (*i*), de un 12 %, y como periodo de proyección de nuestro proyecto, el periodo de diseño del sistema siendo esto 20 años.

$$VP_{CA} = Q277,830.00 * \left[ \frac{(1 + 0.12)^{20} - 1}{0.12 * (1 + 0.12)^{20}} \right]$$

$$VP_{CA} = Q2,075,235.52$$

Cálculo de la tarifa poblacional anual:

$$TPA = Tarifa * \#viviendas * 12 \text{ meses}$$

$$TPA = Q52 * 449 * 12$$

$$TPA = Q280,176.00$$

$$VP_{TPA} = Q280,176.00 * \left[ \frac{(1 + 0.12)^{20} - 1}{0.12 * (1 + 0.12)^{20}} \right]$$

$$VP_{TPA} = Q2,092758.84$$

Valor presente neto:

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = Q2,075,235.52 - Q2,092758.84$$

$$VPN = Q17,523.31$$

Esta operación nos muestra que la tarifa propuesta cubre los gastos de operación y mantenimiento necesarios para el periodo de diseño de nuestro proyecto.

#### **2.3.2.3.2. Tasa interna de retorno**

Este análisis nos sirve para determinar la factibilidad del proyecto, debido que muestra la efectividad de nuestra inversión, por lo que no se puede analizar una tasa de retorno activa al ser un proyecto de carácter social, sin embargo, realizaremos un análisis costo/beneficio, que determinaremos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
\text{Costo} &= \text{Inversión inicial} - \text{VPN} \\
\text{Beneficio} &= \text{Numero de población a futuro} \\
\text{Inversión inicial} &= \text{Presupuesto inicial de proyecto} \\
\text{Presupuesto inicial de proyecto} &= Q4,738,005.71 \\
\text{Costo} &= Q4,738,005.71 - Q17,523.31 \\
\text{Costo} &= Q4,720,482.40 \\
\text{Beneficio} &= 4,754 \text{ habitantes} \\
\text{Costo/Beneficio} &= Q4,720,482.40/4,754
\end{aligned}$$

$$\text{Costo/Beneficio} = Q992.95$$

Se concluye como análisis económico que por habitante beneficiado del proyecto la municipalidad debería invertir un costo de Q 992.95, por habitante quedando a disposición de las respectivas autoridades, su desarrollo total y/o parcial del proyecto.

### **2.3.3. Cronograma de ejecución**

Se estimará un periodo de ejecución del proyecto, el cual se considera realizar las dos líneas de trabajo paralelos debido a que están ubicadas en áreas diferentes, lo que permite el avance simultaneo de ambas.

**Tabla 11.**

*Cronograma de ejecución*

		Cronograma de ejecución																																						
		Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7			Mes 8			Mes 9														
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
Línea 1	Trazo e instalación de línea de conducción	■	■	■	■	■																																		
	Elaboración de tanque de almacenamiento		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																												
	Instalación de línea de distribución en caserío pacoj										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Elaboración de cajas rompe presión										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Elaboración de válvulas de limpieza										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Elaboración de válvulas de aire										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Conexión preidal											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Línea 2	Trazo e instalación de línea de conducción	■	■	■	■	■																																		
	Elaboración de tanque de almacenamiento		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Instalación de línea de distribución en caserío pacoj																																							
	Elaboración de cajas rompe presión																																							
	Elaboración de válvulas de limpieza																																							
	Elaboración de válvulas de aire																																							
	Conexión preidal																																							

*Nota.* Cronograma de los trabajos relacionados para la construcción de las dos líneas de agua potable para la aldea Chijocon. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2016.

**2.3.4. Estudio de Impacto ambiental**

Es necesario realizar un estudio de impacto ambiental para determinar trabajos que puedan provocar efectos nocivos al ambiente, y entorno en el que el proyecto se desarrolle, así como las medidas de mitigación de para estos trabajos.

## CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado permitió con apoyo de las autoridades municipales y comunitarias un estudio y análisis ante la actual problemática de falta de agua en la aldea Chijocon, y se planteó un diseño de abastecimiento de agua potable el cual estará dividido en dos líneas de distribución debido a la diferencia de altura entre las aldeas y el pozo actual, que servirá de suministro a los caseríos Pacoj, Pacoxpon, Los Elías, Las Escobitas, y Valle de Oro, aprovechando de esta manera la topografía de la aldea, y satisfacer las necesidades actuales de la población.
2. Gracias a la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos anterior mente mencionados, la cantidad de familias que son actualmente beneficiadas con el proyecto son 449, lo que corresponde a un aproximado de 2,694 de habitantes, las cuales tendrán un mayor acceso al vital líquido.
3. Como resultado del estudio y análisis realizado a la problemática de falta de abastecimiento de agua potable, se proporciona a la población de la aldea de Chijocon y la municipalidad de San Martín, el diseño de la red de impulsión la cual consta de tubería HG, determinado para soportar las altas presiones ejercidas por la bomba y debido a la diferencia de altura y distancia donde estarán ubicados los tanques de almacenamiento, así mismo se proporcionó el diseño de los tanques de almacenamiento para cada línea de distribución así como el diseño de artefactos y obras de arte que puedan replicar en diseño de proyectos de agua potable posteriores.

4. El proyecto consta con un aproximado de 23.35 km de tubería dentro de la red de distribución de diverso diámetro adecuados para soportar las presiones necesarias que abarquen a los vecinos beneficiados, siendo así que el análisis económico determina un costo de pago mensual por vecino de Q52.00 por vivienda beneficiada.

## RECOMENDACIONES

1. Analizar la actualización de precio de materiales y el costo de mano de obra, al momento de realizar el proyecto debido a la constante variación de precios y alzas que estas encuentran en el mercado.
2. Ejecutar el proyecto en época de verano, en el menor tiempo posible, bajo la supervisión de un profesional o personal calificado, el cual pueda orientar al personal de construcción para la instalación de artefactos y la correcta conexión de estos al sistema de abastecimiento de agua potable.
3. Monitorear la correcta aplicación de la cloración al sistema, así evitar enfermedades derivadas del recurso hídrico.
4. Nombrar una comisión encargada, ya sea general o por comunidades para que esta pueda encargarse del monitoreo y mantenimiento del proyecto, y así optimizar el buen funcionamiento del mismo.
5. Capacitar contantemente al personal a cargo del mantenimiento, de los accesorios y artefactos relacionados al proyecto, como válvulas, tanques de almacenamiento y la red en si de distribución para que el funcionamiento del sistema se mantenga en óptimas condiciones.
6. Implementar un programa de concientización hacia la población beneficiada del proyecto, para el correcto uso del agua,



## REFERENCIAS

- Aguilar P. (2007). *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. [Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2766\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2766_C.pdf)
- American Concrete Institute (2014). *Requisitos de reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14)*. 587 p.
- Instituto de Fomento Municipal INFOM (2011). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0286/doc0286.pdf>
- Melgar Q. (2014). *Diseño del sistema de agua potable para la aldea Xepac, Tecpán, Chimaltenango*. [Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/1688/1/08\\_3725\\_C.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/1688/1/08_3725_C.pdf)
- Mendoza G. (2010). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la aldea Suculique y diseño de pavimento para la aldea Llano Grande, municipio de Huehuetenango, departamento de Huehuetenango*. [Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3104\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3104_C.pdf)
- Oliva D. (2005). *Diseño de abastecimiento de agua potable, para los caseríos Pueblo Viejo y Plan grande, Chigualmop, Municipio de Caillá,*

*departamento de Quiche*. [Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

# APÉNDICES

## Apéndice 1.

Memoria de cálculo hidráulico. Línea de distribución 1.

Línea de distribución 1																			
Topografía								Población		Cauda	Material			Pérdidas		Pérdida de energía		Presión	Presión
Planimetría				Altimetría				Población	Población	Q	Tubería			Hf	Velocidad	Cota piezométrica		n	Estática
Est.	P.O.	L	L diseño	Inicial	Final	h real	h terreno	Actual	Futura	Diámetro	Comercial	Diámetro	Diámetro			Inicio	Final		
	Tanque																		
Tanque	8a	204.73	214.97	1257.00	1236.05	20.95	20.95	18	32	0.39	0.77	1.00	1.20	2.56	0.63	1257.00	1254.44	18.39	20.95
8a	9a	127.52	133.90	1236.05	1208.27	27.78	27.78	18	32	0.09	0.38	0.50	0.50	7.21	0.70	1254.44	1247.23	38.96	48.73
8	CRP1	66.77	70.11	1236.05	1197.11	38.94	38.94	18	32	0.21	0.43	1.00	1.20	0.27	0.49	1247.23	1246.96	49.85	59.89
CRP1	K	68.08	71.48	1208.27	1173.42	34.85	34.85	0	0	0.12	0.36	0.75	0.75	0.93	0.61	1197.11	1196.18	22.76	23.69
K	10a	47.35	49.72	1173.42	1171.87	1.55	1.55	6	11	0.03	0.37	0.50	0.50	0.37	0.59	1196.18	1195.81	23.94	25.24
K	11a	83.86	88.05	1171.87	1162.57	9.30	9.30	18	32	0.09	0.44	0.50	0.50	4.74	0.70	1195.81	1191.07	28.50	34.54
Tanque	N	170.26	178.77	1257.00	1236.00	21.00	21.00	0	0	7.66	2.33	3.00	3.23	4.31	1.45	1257.00	1252.69	16.69	21.00
N	O	165.00	173.25	1236.00	1233.27	2.73	2.73	0	0	2.32	2.24	2.50	2.66	1.19	0.65	1252.69	1251.50	18.23	23.73
O	13a	256.95	269.80	1233.27	1225.40	7.87	7.87	18	32	1.58	1.70	2.00	2.19	2.29	0.65	1251.50	1249.22	23.82	31.60
O	CRP2	115.50	121.28	1233.27	1217.10	16.17	16.17	0	0	0.74	0.93	1.50	1.75	0.76	0.61	1249.22	1248.46	31.36	39.90
CRP2	C'	222.40	233.52	1217.10	1180.28	36.82	36.82	48	85	0.74	0.90	1.00	1.20	9.37	1.03	1217.10	1207.73	27.45	36.82
C'	CASA	50.00	52.50	1180.28	1162.30	17.98	17.98	12	22	0.06	0.30	0.50	0.50	1.41	0.63	1207.73	1206.32	44.02	54.80
C'	CRP3	16.70	17.54	1180.28	1176.10	4.18	4.18	6	11	0.45	0.68	1.00	1.20	0.27	0.62	1206.32	1206.04	29.94	41.00
CRP3	D'	50.09	52.59	1176.10	1163.57	12.53	12.53	0	0	0.42	0.66	1.00	1.20	0.72	0.67	1176.10	1175.38	11.81	12.53
D'	14a	52.84	55.48	1163.57	1162.77	0.80	0.80	24	43	0.12	0.73	1.00	1.20	0.08	0.39	1175.38	1175.31	12.54	13.33
D'	F'	106.63	111.96	1163.57	1147.49	16.08	16.08	18	32	0.30	0.65	1.00	1.20	0.82	0.58	1175.38	1174.56	27.07	28.61
F'	17a	55.09	57.84	1147.49	1155.98	-8.49	8.49	18	32	0.09	0.41	0.50	0.50	3.11	0.70	1174.56	1171.45	15.47	20.12
F'	16a	99.95	104.95	1147.49	1138.12	9.37	9.37	24	43	0.12	0.50	1.50	1.75	0.02	0.35	1174.56	1174.54	36.42	37.98
N	J'	61.45	64.52	1236.00	1223.50	12.50	12.50	0	0	5.34	1.83	2.00	2.19	5.21	2.19	1252.69	1247.48	23.98	33.50
J'	18a	95.00	99.75	1223.50	1219.36	4.14	4.14	12	22	0.06	0.46	0.50	0.50	2.69	0.68	1247.48	1244.79	25.43	37.64
J'	K'	51.74	54.33	1223.50	1210.33	13.17	13.17	0	0	5.28	1.74	2.00	2.19	4.30	2.17	1244.79	1240.49	30.16	46.67
K'	22a	167.83	176.22	1210.33	1165.48	44.85	44.85	66	117	1.73	1.13	1.50	1.75	5.22	1.11	1210.33	1205.11	39.63	44.85
K'	30a	263.28	276.44	1210.33	1177.50	32.83	32.83	30	53	3.55	1.73	2.00	2.19	10.50	1.46	1210.33	1199.83	22.33	32.83
30a	29a	50.91	53.46	1177.50	1164.20	13.30	13.30	18	32	1.19	0.98	1.50	1.75	0.80	0.76	1199.83	1199.03	34.83	46.13
30a	32a	102.20	107.31	1164.20	1159.96	4.24	4.24	0	0	2.21	1.82	2.00	2.19	1.70	0.91	1199.83	1198.13	38.17	50.37
32a	33a	62.85	65.99	1159.96	1146.91	13.05	13.05	0	0	2.21	1.30	2.00	2.19	1.04	0.91	1159.96	1158.92	12.01	13.05
33a	Casa	25.00	26.25	1146.91	1132.30	14.61	14.61	6	11	0.03	0.21	0.50	0.50	0.20	0.38	1158.92	1158.72	26.42	27.66
33a	A"	88.53	92.96	1146.91	1136.62	10.29	10.29	6	11	2.18	1.46	1.50	1.75	4.23	1.40	1158.92	1154.68	18.06	23.34
A"	35a	47.47	49.84	1136.62	1136.01	0.61	0.61	12	22	0.06	0.59	0.50	0.50	1.34	0.62	1154.68	1153.34	17.33	23.95
A"	B"	56.29	59.10	1136.62	1130.01	6.61	6.61	6	11	2.09	1.43	1.50	1.75	2.49	1.34	1154.68	1152.19	22.18	29.95
B"	42a	214.41	225.13	1130.01	1118.79	11.22	11.22	60	106	0.29	0.80	1.00	1.20	1.62	0.68	1152.19	1150.57	31.78	41.17
B"	C"	42.19	44.30	1130.01	1129.17	0.84	0.84	0	0	1.76	1.94	2.00	2.19	0.46	0.72	1152.19	1151.73	22.56	30.79
C"	Casa	30.00	31.50	1129.17	1117.23	11.94	11.94	12	22	0.06	0.29	0.50	0.50	0.85	0.61	1151.73	1150.89	33.66	42.73
C"	36a	48.50	50.93	1129.17	1127.93	1.24	1.24	12	22	1.70	1.82	2.00	2.19	0.50	0.70	1151.73	1151.24	23.31	32.03
36a	CRP6	160.58	168.61	1127.93	1115.85	12.08	12.08	24	43	0.24	0.69	0.75	0.75	7.91	0.84	1151.24	1143.33	27.48	44.11
CRP6	49a	220.06	231.06	1115.85	1098.98	16.87	16.87	24	43	0.12	0.53	0.75	0.75	3.01	0.82	1115.85	1112.84	13.86	16.87
36a	43a	57.12	59.98	1127.93	1125.17	2.76	2.76	0	0	1.40	1.48	2.00	2.19	1.41	0.65	1151.24	1150.83	25.66	34.79
43a	H"	57.12	59.98	1125.17	1124.07	1.10	1.10	12	22	0.06	0.54	0.50	0.50	1.61	0.69	1150.83	1149.21	25.14	35.89
43a	Ñ"	159.07	167.02	1125.17	1123.92	1.25	1.25	0	0	1.34	2.11	2.00	2.19	1.05	0.66	1150.83	1149.78	25.86	36.04
Ñ"	50a	62.45	65.57	1123.92	1114.47	9.45	9.45	6	11	0.03	0.27	0.50	0.50	0.49	0.67	1149.78	1149.29	34.82	45.49

Continuación de apéndice 1.

*Memoria de cálculo hidráulico. Línea de distribución 1.*

Línea de distribución 1																			
Topografía								Población		Cauda	Material			Pérdidas		Perdida de energía		Presión	Presión
Planimetría				Altimetría				Población Actual	Población Futura	Q	Tubería			Hf	Velocidad	Cota piezométrica		n	Estática
Est.	P.O.	L	L diseño	Inicial	Final	h real	h terreno				Diámetro	Diámetro Comercial	Diámetro Interno			Inicio	Final		
Ñ"	54a	92.71	97.35	1123.92	1114.19	9.73	9.73	36	64	0.27	0.67	0.75	0.75	5.71	0.95	1149.78	1144.07	29.88	45.77
54a	55a	15.20	15.96	1114.19	1115.71	-1.52	1.52	6	11	0.03	0.30	0.50	0.50	0.12	0.49	1144.07	1143.95	28.24	44.25
54a	53a	69.06	72.51	1114.19	1116.61	-2.42	2.42	12	22	0.06	0.48	0.50	0.50	1.95	0.63	1144.07	1142.12	25.51	43.35
Ñ"	CRP7	34.25	35.96	1123.92	1120.41	3.51	3.51	0	0	1.04	1.13	1.50	1.75	0.42	0.67	1143.95	1143.54	23.13	39.55
CRP7	57a	34.25	35.96	1120.41	1116.90	3.51	3.51	0	0	1.04	1.13	2.00	2.19	0.14	0.61	1120.41	1120.27	3.37	3.51
57a	58a	60.59	63.62	1116.90	1106.20	10.70	10.70	12	22	0.06	0.34	0.50	0.50	1.71	0.63	1120.27	1118.56	12.36	14.21
57a	D"	72.03	75.63	1116.90	1108.44	8.46	8.46	6	11	0.98	1.07	1.50	1.75	0.79	0.63	1120.27	1119.48	11.04	11.97
D"	G"	72.99	76.64	1108.44	1092.38	16.06	16.06	6	11	0.24	0.55	0.75	0.75	3.67	0.85	1119.48	1115.81	23.43	28.03
G"	73a	166.27	174.58	1092.38	1077.04	15.34	15.34	18	32	0.09	0.45	0.50	0.50	9.40	0.70	1115.81	1106.41	29.37	43.37
G"	H"	209.33	219.80	1092.38	1081.86	10.52	10.52	0	0	0.12	0.58	0.75	0.75	2.98	0.70	1115.81	1112.82	30.96	38.55
H"	79a	34.14	35.85	1081.86	1081.74	0.12	0.12	12	22	0.06	0.77	0.50	0.50	0.96	0.61	1112.82	1111.86	30.12	38.67
H"	78a	68.63	72.06	1081.86	1080.21	1.65	1.65	12	22	0.06	0.52	0.50	0.50	1.94	0.66	1112.82	1110.88	30.67	40.20
D"	59a	44.01	46.21	1108.44	1105.26	3.18	3.18	0	0	0.71	1.05	1.50	1.75	0.26	0.63	1119.48	1119.22	13.96	15.15
59a	74a	62.18	65.29	1105.26	1099.28	5.98	5.98	30	53	0.15	0.54	0.75	0.75	1.25	0.62	1119.22	1117.97	18.69	21.13
59a	61a	74.63	78.36	1105.26	1094.38	10.88	10.88	30	53	0.56	0.83	1.00	1.20	1.86	0.78	1119.22	1117.36	22.98	26.03
61a	66a	371.44	390.01	1094.38	1067.32	27.06	27.06	30	53	0.15	0.58	0.75	0.75	7.47	0.62	1117.36	1109.88	42.56	53.09
61a	67a	249.81	262.30	1094.38	1062.04	32.34	32.34	54	96	0.27	0.64	0.75	0.75	15.08	0.94	1117.36	1102.27	40.23	58.37

Nota. Cálculo hidráulico del sistema de distribución de línea 1. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2019.

## Apéndice 2.

### Memoria de cálculo hidráulico. Línea de distribución 2.

Línea de distribución 2																			
Topografía								Población		Caudal	Material			Pérdidas		Pérdida de energía		Presión	Presión
Planimetría				Altimetría				Población Actual	Población Futura	Q	Tubería			Hf	Velocidad	Cota piezométrica		Final Dinám	Final m.c.a.
Est.	P.O.	L	L diseño	Inicial	Final	h real	h terreno				Diámetro	Diámetro Comercial	Diámetro Interno			Inicio	Final		
	Tanque				1033.72											1033.72	#####		
Tanque	41	10.96	11.51	1033.72	1032.92	0.80	0.80	0	0	9.99	2.87	3.00	3.23	0.45	1.89	1033.72	1033.27	0.35	0.80
41	62	937.41	984.28	1032.92	1006.46	26.46	26.46	54	96	0.27	0.88	1.00	1.20	5.91	0.61	1033.27	1027.36	20.90	27.26
41	64	75.45	79.22	1006.46	1009.82	-3.36	3.36	0	0	9.72	3.15	4.00	4.15	0.88	1.11	1033.27	1032.39	22.57	23.90
64	66	129.81	136.30	1009.82	988.84	20.98	20.98	6	11	0.03	0.27	0.50	0.50	1.02	0.58	1032.39	1031.37	42.53	44.88
64	67	37.15	39.01	1009.82	993.06	16.76	16.76	0	0	9.69	1.95	2.50	2.66	3.76	2.71	1032.39	1028.64	35.58	40.66
67	68	37.15	39.01	993.06	982.43	10.63	10.63	0	0	9.69	2.14	4.00	4.15	0.43	1.11	993.06	992.63	10.20	10.63
68	75	142.66	149.79	982.43	973.42	9.01	9.01	18	32	2.21	1.66	2.00	2.19	2.36	0.91	992.63	990.27	16.85	19.64
75	CRP-9	162.87	171.01	973.42	937.71	35.71	35.71	12	22	0.72	0.84	1.00	1.20	6.40	0.99	990.27	983.88	46.17	55.35
CRP-9	106	293.93	308.63	937.71	918.97	18.74	18.74	36	64	0.66	1.05	1.50	1.75	1.52	0.62	937.71	936.18	17.21	18.74
106	Casa	50.00	52.50	918.97	905.00	13.97	13.97	18	32	0.09	0.36	0.50	0.50	2.83	0.70	936.18	933.36	28.36	32.71
106	107	54.38	57.10	937.71	908.98	28.73	28.73	24	43	0.39	0.55	1.00	1.20	0.69	0.71	936.18	935.49	26.51	28.73
107	108	60.73	63.77	905.00	914.03	-9.03	9.03	12	22	0.06	0.36	0.50	0.50	1.72	0.63	935.49	933.78	19.75	23.68
107	110	78.92	82.87	908.98	896.32	12.66	12.66	18	32	0.21	0.56	0.75	0.75	3.02	0.73	935.49	932.48	36.16	41.39
110	112	21.80	22.89	896.32	892.15	4.17	4.17	18	32	0.09	0.39	0.50	0.50	1.23	0.70	932.48	931.24	39.09	45.56
110	111	50.30	52.82	896.32	886.68	9.64	9.64	6	11	0.03	0.26	0.50	0.50	0.39	0.57	932.48	932.08	45.40	51.03
75	80	63.75	66.94	973.42	971.71	1.71	1.71	24	43	1.40	1.67	2.00	2.19	0.45	0.72	990.27	989.82	18.11	21.35
80	82	226.00	237.30	971.71	928.48	43.23	43.23	18	32	0.21	0.54	0.75	0.75	8.64	0.73	971.71	963.07	34.59	43.23
82	84	24.60	25.83	928.48	934.83	-6.35	6.35	18	32	0.09	0.37	0.50	0.50	1.39	0.70	963.07	961.68	26.85	36.88
82	83	8.89	9.33	928.48	927.88	0.60	0.60	6	11	0.03	0.32	0.50	0.50	0.07	0.38	963.07	963.00	35.12	43.83
80	89	128.92	135.37	971.71	925.36	46.35	46.35	30	53	1.07	0.88	1.00	1.20	10.67	1.48	971.71	961.04	35.68	46.35
89	90	69.28	72.74	925.36	908.21	17.15	17.15	24	43	0.12	0.41	0.75	0.75	0.95	0.62	925.36	924.41	16.20	17.15
89	95	221.73	232.82	925.36	894.52	30.84	30.84	54	96	0.81	0.96	1.50	1.75	1.68	0.72	925.36	923.68	29.16	30.84
95	97	85.39	89.66	894.52	893.45	1.07	1.07	12	22	0.06	0.59	0.50	0.50	2.41	0.68	923.68	921.27	27.82	31.91
95	98	23.90	25.09	894.52	892.41	2.11	2.11	12	22	0.48	0.87	1.00	1.20	0.44	0.66	923.68	923.24	30.83	32.95
98	100	134.79	141.52	892.41	882.83	9.58	9.58	48	85	0.27	0.73	1.00	1.20	0.85	0.57	923.24	922.39	39.56	42.53
100	Casa	50.00	52.50	882.83	880.10	2.73	2.73	6	11	0.03	0.34	0.50	0.50	0.39	0.44	922.39	921.99	41.89	45.26
98	CRP-12	114.38	120.10	892.41	868.10	24.31	24.31	24	43	0.15	0.46	0.75	0.75	2.38	0.63	923.24	920.85	52.76	57.27
CRP-12	102	88.06	92.47	892.41	843.78	48.63	48.63	6	11	0.03	0.21	0.50	0.50	0.69	0.47	868.10	867.40	23.62	24.32
68	65	35.87	37.66	982.43	969.32	13.11	13.11	6	11	7.48	1.85	4.00	4.15	0.26	0.86	982.43	982.17	12.85	23.74
65	113	52.98	55.63	969.32	962.84	6.48	6.48	0	0	7.45	2.31	3.00	3.23	1.27	1.41	982.17	980.90	18.06	30.22
113	CRP-13	1.00	1.05	962.84	962.44	0.40	0.40	0	0	0.06	0.29	0.50	0.50	0.03	0.68	980.90	980.87	18.43	30.62
CRP-13	114	444.20	466.41	962.84	905.27	57.57	57.57	12	22	0.06	0.37	0.50	0.50	12.56	0.68	962.44	949.88	44.61	57.17
113	CRP-14	49.99	52.49	962.84	938.06	24.78	24.78	0	0	7.39	1.73	2.50	2.66	3.06	2.07	962.84	959.78	21.72	24.78
CRP-14	120	35.81	37.60	916.57	886.57	30.00	30.00	0	0	7.39	1.55	2.50	2.66	2.19	2.07	938.06	935.87	49.30	51.49
120	126	325.69	341.97	938.06	891.24	46.82	46.82	72	128	0.36	0.70	2.00	2.19	0.18	0.42	935.87	935.68	44.44	46.82
120	CRP-15	1.00	1.05	886.57	886.44	0.13	0.13	0	0	7.04	2.23	2.50	2.66	0.06	1.97	935.87	935.81	49.37	51.62
CRP-15	132	132.93	139.58	891.24	868.85	22.39	22.39	42	75	0.21	0.55	1.00	1.20	0.53	0.52	886.44	885.91	17.06	17.59
CRP-15	134	141.49	148.57	886.57	863.25	23.32	23.32	12	22	6.83	2.10	2.50	2.66	7.49	1.91	886.44	878.95	15.70	23.19
134	136	71.15	74.71	886.44	856.20	30.24	30.24	30	53	0.48	0.63	1.00	1.20	1.31	0.66	878.95	877.65	21.45	30.24
136	137	67.40	70.77	856.20	854.35	1.85	1.85	24	43	0.12	0.65	0.75	0.75	0.92	0.62	877.65	876.73	22.38	32.09

Continuación del apéndice 2.

Memoria de cálculo hidráulico. Línea de distribución 2.

Línea de distribución 2																			
Topografía								Población		Cauda	Material			Pérdidas		Pérdida de energía		Presió	Presión
Planimetría				Altimetría				Población Actual	Población Futura	Q	Tubería			Hf	Velocidad	Cota piezométrica		Final	Estática
Est.	P.O.	L	L diseño	Inicial	Final	h real	h terreno				Diámetro	Diámetro Comercial	Diámetro Interno			Inicio	Final		
136	138	117.81	123.70	856.20	835.01	21.19	21.19	42	75	0.21	0.55	0.75	0.75	4.51	0.73	877.65	873.14	38.13	51.43
134	149	182.73	191.87	886.44	859.39	27.05	27.05	30	53	6.29	2.08	3.00	3.23	3.21	1.19	878.95	875.74	16.35	27.05
149	150	46.62	48.95	859.39	863.76	-4.37	4.37	12	22	0.06	0.39	1.00	1.20	0.02	0.38	875.74	875.72	11.96	22.68
149	CRP-16	5.00	5.25	859.39	859.00	0.39	0.39	0	0	6.08	2.35	3.00	3.23	0.08	1.15	875.74	875.66	16.66	27.44
CRP-16	162	179.05	188.00	859.00	843.85	15.15	15.15	18	32	6.08	2.31	4.00	4.15	0.87	0.70	859.00	858.13	14.28	15.15
162	164	69.97	73.47	843.85	846.04	-2.19	2.19	0	0	0.81	1.31	2.50	2.66	0.07	0.48	858.13	858.06	12.02	12.96
164	Casa	30.00	31.50	846.04	843.00	3.04	3.04	18	32	0.09	0.44	0.50	0.50	1.70	0.70	858.06	856.36	13.36	16.00
164	184	287.63	302.01	846.04	822.02	24.02	24.02	6	11	0.72	1.02	1.50	1.75	1.77	0.46	858.06	856.29	34.27	36.98
184	193	135.64	142.42	822.02	803.97	18.05	18.05	0	0	0.69	0.92	1.50	1.75	0.77	0.60	822.02	821.25	17.28	18.05
193	Casa	75.00	78.75	803.97	800.00	3.97	3.97	6	11	0.03	0.34	0.50	0.50	0.59	0.61	821.25	820.66	20.66	22.02
193	236	723.94	760.14	803.97	772.69	31.28	31.28	12	22	0.66	1.13	1.50	1.75	3.78	0.85	821.25	817.47	44.78	49.33
236	262	185.75	195.03	772.69	737.68	35.01	35.01	12	22	0.06	0.34	0.50	0.50	5.25	0.73	772.69	767.44	29.76	35.01
236	250	189.40	198.87	772.69	733.06	39.63	39.63	0	0	0.54	0.76	1.00	1.20	4.35	0.74	772.69	768.34	35.28	39.63
250	267	242.00	254.10	733.06	695.38	37.68	37.68	24	43	0.54	0.81	1.00	1.20	5.55	0.74	733.06	727.51	32.13	37.68
267	266	95.65	100.44	695.38	678.03	17.35	17.35	12	22	0.06	0.34	0.50	0.50	2.70	0.71	727.51	724.80	46.77	55.03
267	294	468.96	492.41	695.38	674.62	20.76	20.76	6	11	0.36	0.89	1.00	1.20	5.04	0.86	727.51	722.47	47.85	58.44
294	296	71.24	74.81	674.62	690.32	-15.70	15.70	36	64	0.18	0.49	0.75	0.75	2.03	0.62	722.47	720.44	30.12	42.74
294	299	84.59	88.82	674.62	688.05	-13.43	13.43	30	53	0.15	0.49	0.75	0.75	1.70	0.69	722.47	720.77	32.72	45.01
162	343	676.58	710.41	843.85	804.01	39.84	39.84	42	75	5.19	2.34	4.00	4.15	2.46	0.71	858.13	855.67	51.66	54.99
343	422	223.44	234.61	804.01	811.44	-7.43	7.43	24	43	0.12	0.62	0.75	0.75	3.05	0.64	855.67	852.62	41.18	47.56
343	347	97.89	102.78	804.01	804.92	-0.91	0.91	12	22	1.31	2.03	2.00	2.19	0.62	0.62	855.67	855.05	50.13	54.08
347	Casa	50.00	52.50	804.92	800.00	4.92	4.92	12	22	0.06	0.39	0.50	0.50	1.41	0.70	855.05	853.64	53.64	59.00
347	348	19.35	20.32	804.92	804.01	0.91	0.91	6	11	1.22	1.41	1.50	1.75	0.32	0.78	855.05	854.74	50.73	54.99
348	358	285.12	299.37	804.92	773.33	31.59	31.59	36	64	1.19	1.17	1.50	1.75	4.44	0.76	804.01	799.57	26.24	30.68
358	CRP-22	162.42	170.54	773.33	751.41	21.92	21.92	0	0	0.18	0.55	0.75	0.75	4.77	0.63	799.57	794.80	43.39	52.60
CRP-22	332	387.01	406.36	773.33	715.55	57.78	57.78	6	11	0.18	0.54	0.75	0.75	11.36	0.63	751.41	740.05	24.50	35.86
332	326	363.47	381.65	715.55	711.92	3.63	3.63	12	22	0.06	0.62	0.75	0.75	1.44	0.67	740.05	738.61	26.69	39.49
332	338	45.21	47.47	715.55	714.13	1.42	1.42	0	0	0.09	0.56	0.50	0.50	2.56	0.70	740.05	737.50	23.37	37.28
338	334	586.28	615.59	715.55	673.14	42.41	42.41	18	32	0.09	0.48	0.75	0.75	4.64	0.71	714.13	709.49	36.35	40.99
358	375	234.96	246.71	773.33	754.04	19.29	19.29	60	106	0.83	1.09	1.50	1.75	1.88	0.72	799.57	797.69	43.65	49.97
375	397	544.21	571.42	754.04	705.57	48.47	48.47	72	128	0.54	0.90	1.00	1.20	12.49	0.74	754.04	741.55	35.98	48.47
397	405	279.37	293.34	705.57	681.62	23.95	23.95	0	0	0.18	0.60	1.00	1.20	0.86	0.68	705.57	704.71	23.09	23.95
405	Casa	50.00	52.50	681.62	670.00	11.62	11.62	6	11	0.03	0.25	0.50	0.50	0.39	0.65	704.71	704.32	34.32	35.57
405	410	228.91	240.36	681.62	650.13	31.49	31.49	6	11	0.15	0.51	0.75	0.75	4.77	0.61	704.71	699.95	49.82	55.44
410	418	305.11	320.37	659.18	592.82	66.36	66.36	24	43	0.12	0.42	0.50	0.50	29.79	0.94	650.13	620.34	27.52	57.31
343	424	78.91	82.86	804.01	798.23	5.78	5.78	12	22	3.55	1.93	2.00	2.19	3.14	1.46	855.67	852.53	54.30	60.77
424	427	92.65	97.28	798.23	786.20	12.03	12.03	0	0	3.49	1.71	3.00	3.23	0.55	0.66	798.23	797.68	11.48	12.03
427	431	185.72	195.01	798.23	786.55	11.68	11.68	78	138	0.38	0.85	1.50	1.75	0.36	0.59	797.68	797.33	10.78	11.68
427	443	374.23	392.94	798.23	768.01	30.22	30.22	72	128	3.10	1.80	2.50	2.66	4.60	0.87	797.68	793.08	25.07	30.22
443	469	236.41	248.23	768.01	735.48	32.53	32.53	48	85	0.24	0.60	0.75	0.75	11.40	0.83	793.08	781.68	46.20	62.75
443	448	123.27	129.43	768.01	755.92	12.09	12.09	6	11	2.51	1.60	2.00	2.19	2.59	1.03	793.08	790.49	34.57	42.31

Continuación del apéndice 2.

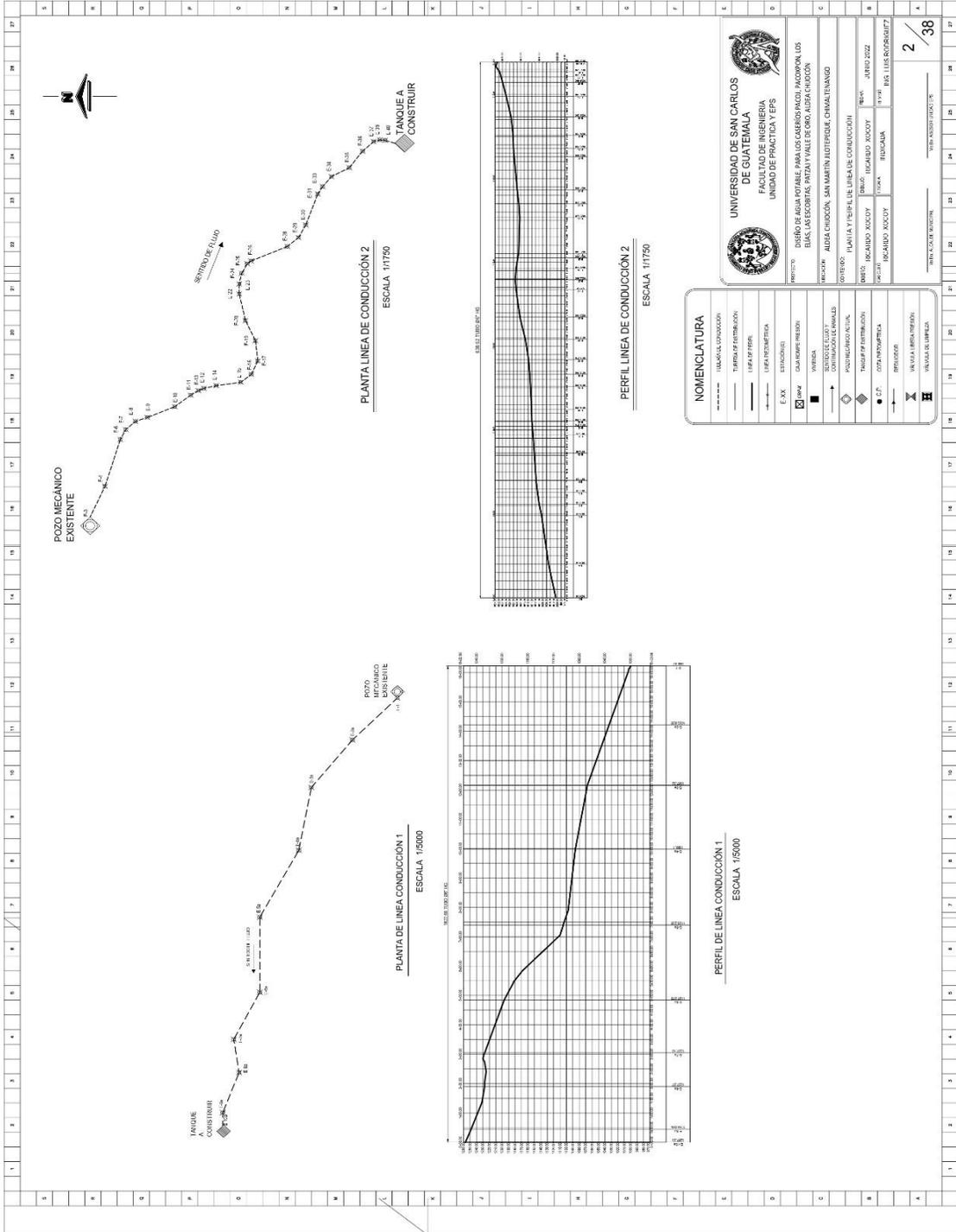
*Memoria de cálculo hidráulico. Línea de distribución 2.*

Línea de distribución 2																			
Topografía								Población		Caudal	Material			Pérdidas		Pérdida de energía		Presión	Presión
Planimetría				Altimetría				Población	Población	Q	Tubería			Hf	Velocidad	Cota piezométrica		Final	Estática
Est.	P.O.	L	L diseño	Inicial	Final	h real	h terreno	Actual	Futura		Diámetro	Comercial	Interno			Inicio	Final		
448	457	230.04	241.55	755.92	712.41	43.51	43.51	0	0	0.15	0.47	0.75	0.75	4.63	0.60	755.92	751.29	38.88	43.51
457	463	655.00	687.75	755.92	658.11	97.81	97.81	30	53	0.15	0.50	0.75	0.75	13.18	0.60	712.41	699.23	41.12	54.30
448	474	216.47	227.29	755.92	717.91	38.01	38.01	0	0	2.33	1.38	2.00	2.19	3.97	0.96	755.92	751.95	34.04	38.01
474	476	144.88	152.12	717.91	699.95	17.96	17.96	6	11	0.03	0.28	0.50	0.50	1.14	0.61	751.95	750.81	50.86	55.97
474	480	97.68	102.56	699.95	698.71	1.24	1.24	0	0	2.30	2.35	3.00	3.23	0.27	0.64	751.95	751.68	52.97	57.21
480	491	255.78	268.57	698.71	643.54	55.17	55.17	0	0	2.30	1.31	2.00	2.19	4.58	0.95	698.71	694.13	50.59	55.17
491	508	289.34	303.80	643.54	587.78	55.76	55.76	12	22	2.30	1.34	2.50	2.66	2.05	0.64	643.54	641.49	53.71	55.76
508	511	76.70	80.53	587.78	582.12	5.66	5.66	12	22	0.06	0.41	0.50	0.50	2.17	0.68	641.49	639.32	57.20	61.42
508	CRP-31	1.00	1.05	587.78	587.60	0.18	0.18	0	0	2.18	1.33	2.50	2.66	0.01	0.61	641.49	641.48	53.88	55.94
CRP-30	512	77.34	81.21	587.60	576.29	11.31	11.31	0	0	2.18	1.39	3.00	3.23	0.19	0.61	587.60	587.41	11.12	11.31
512	519	82.61	86.75	587.60	564.88	22.72	22.72	18	32	0.09	0.36	0.50	0.50	4.67	0.70	587.41	582.74	17.86	22.72
512	521	106.60	111.93	587.60	568.11	19.49	19.49	18	32	2.09	1.31	1.50	1.75	4.72	1.34	587.41	582.69	14.58	19.49
521	522	56.75	59.59	568.11	554.50	13.61	13.61	12	22	0.06	0.32	0.50	0.50	1.60	0.68	582.69	581.08	26.58	33.10
521	523	66.16	69.47	568.11	552.13	15.98	15.98	6	11	1.94	1.20	1.50	1.75	2.55	1.25	582.69	580.13	28.00	35.47
523	526	67.17	70.53	552.13	548.09	4.04	4.04	24	43	0.12	0.55	0.75	0.75	0.92	0.60	580.13	579.22	31.13	39.51
523	524	56.40	59.22	552.13	542.97	9.16	9.16	12	22	0.06	0.35	0.50	0.50	1.59	0.66	580.13	578.54	35.57	44.63
523	537	177.83	186.72	552.13	529.28	22.85	22.85	6	11	1.73	1.31	1.50	1.75	5.55	1.11	580.13	574.59	45.31	58.32
537	538	40.37	42.39	529.28	525.28	4.00	4.00	0	0	1.01	1.13	1.00	1.20	3.01	1.40	574.59	571.58	46.30	62.32
538	Casa	75.00	78.75	525.28	528.00	-2.72	2.72	18	32	0.09	0.55	0.50	0.50	4.24	0.70	571.58	567.34	39.34	59.60
538	543	181.19	190.25	525.28	511.01	14.27	14.27	36	64	0.93	1.14	2.00	2.19	0.60	0.60	571.58	570.98	59.97	76.59
543	547	196.54	206.36	511.01	476.66	34.35	34.35	12	22	0.75	0.89	1.00	1.20	8.34	1.03	511.01	502.67	26.01	34.35
537	535	81.00	85.05	529.28	523.92	5.36	5.36	24	43	0.69	1.06	1.00	1.20	2.93	0.95	574.59	571.65	47.73	63.68
535	532	109.20	114.66	523.92	510.00	13.92	13.92	12	22	0.06	0.37	0.50	0.50	3.09	0.62	571.65	568.57	58.57	77.60
535	550	117.90	123.79	523.92	523.87	0.05	0.05	18	32	0.51	2.66	3.00	3.23	0.02	0.35	571.65	571.63	47.76	63.73
550	544	200.00	210.00	523.87	520.73	3.14	3.14	36	64	0.18	0.85	1.00	1.20	0.60	0.61	571.63	571.04	50.31	66.87
550	553	153.80	161.49	523.87	552.14	-28.27	28.27	18	32	0.24	0.57	1.00	1.20	0.79	0.60	571.63	570.84	18.70	35.46
553	558	95.70	100.49	552.14	557.32	-5.18	5.18	24	43	0.12	0.56	0.75	0.75	1.31	0.63	570.84	569.53	12.21	30.28
553	554	60.00	63.00	552.14	557.81	-5.67	5.67	6	11	0.03	0.30	0.50	0.50	0.47	0.48	570.84	570.37	12.56	29.79

*Nota.* Cálculo hidráulico del sistema de distribución de línea 2. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2019.



Continuación de apéndice 3.



**NOMENCLATURA**

---	LINEA DE CONDUCCION
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
---	TUBERIA DE SERVIDOR
---	TUBERIA DE INTERRUPCION
E.X.	ESTACION
☒	CAMPAÑAS DE PRESION
■	VEREDA
□	SUBDIRECCION LOCAL
□	CONTINUIDAD DE LINEALES
◇	PASADIZO DE DISTRIBUCION
◇	TUBERIA DE DISTRIBUCION
●	C.P. COSTA INTERMEDIARIA
→	BRINCON
⊗	VALVULA DE SERVIDOR
⊗	VALVULA DE INTERRUPCION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRACTICA Y EPS

PROYECTO: DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOPON, LOS BIAS, LAS ESCORTAS, INTAY Y VALLE DE ORO, AGRICULTORES

INTEGRANTES: AIDA CHUCÓN, SAN MARTÍN JOTERQUE, CHAL TENANGO

PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION

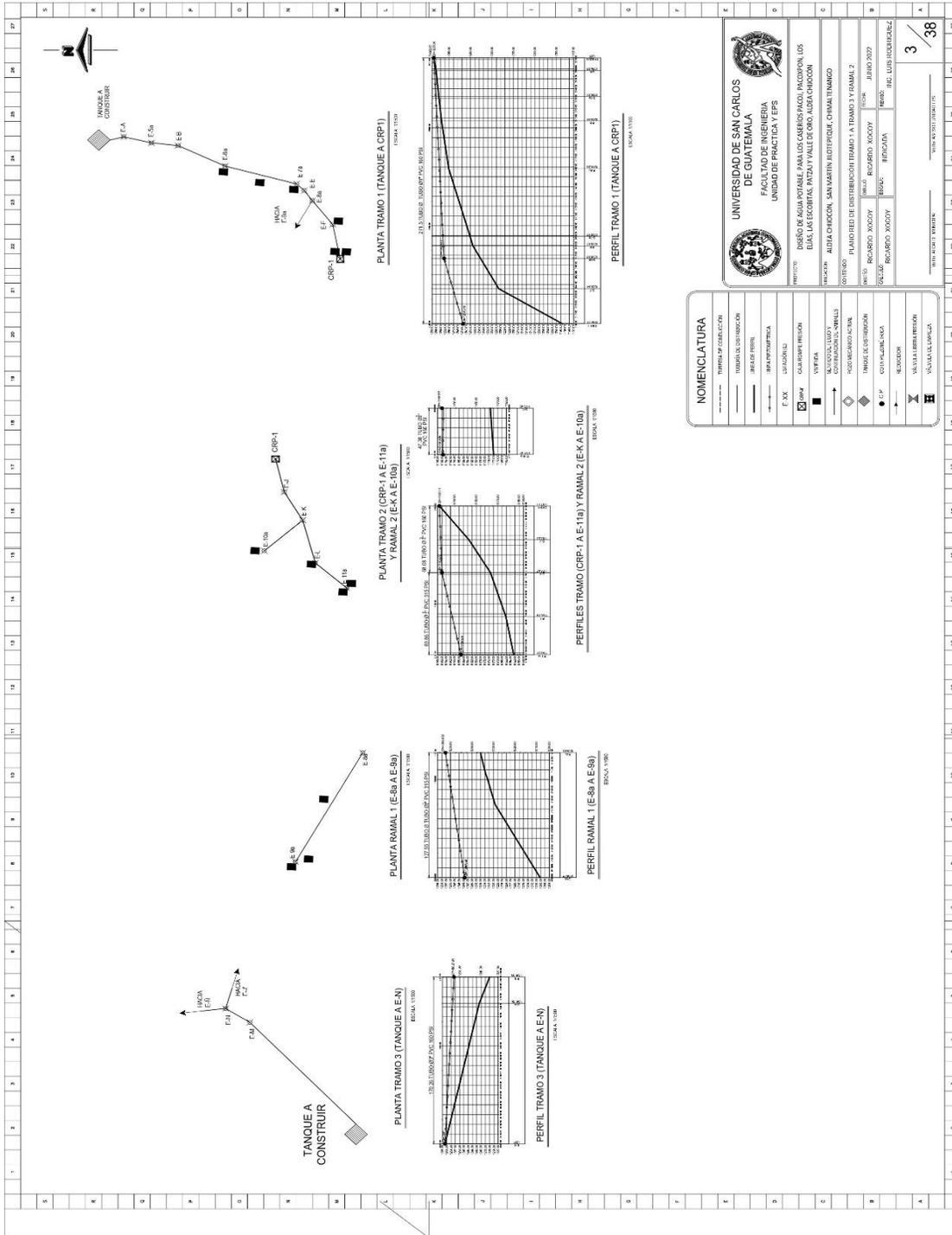
GRUPO: ESCARDO XICOTY

FECHA: JUNIO 2022

PROFESOR: ING. LUIS RODRIGUEZ

2 / 38

Continuación de apéndice 3.



**NOMENCLATURA**

---	TUBERIA DE COLECCIÓN
---	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
---	RESERVA PERAL
---	INFRAESTRUCTURA
---	ESTACION
---	CAMARAS DE PRESIÓN
---	VALVULA
---	VALVULA DE CIERRE
---	VALVULA DE ALIVIO
---	VALVULA DE PRESION
---	VALVULA DE CONTROL

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIDAD DE PRÁCTICAS Y EPS**

**PROYECTO:** DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACO, MACOPON, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZY Y VALLE DE ORO, AGRACHOON.

**INTEGRANTES:** RAÚL CHACÓN, SAN MARTÍN RODRÍGUEZ, CHIMALTUNIBAGO.

**CONTIENE:** PLANO DE DISTRIBUCIÓN TRAMO 1 A TRAMO 3 Y TRAMO 2.

**IMPRESO:** RICARDO XICOY **FECHA:** JUNIO 2023

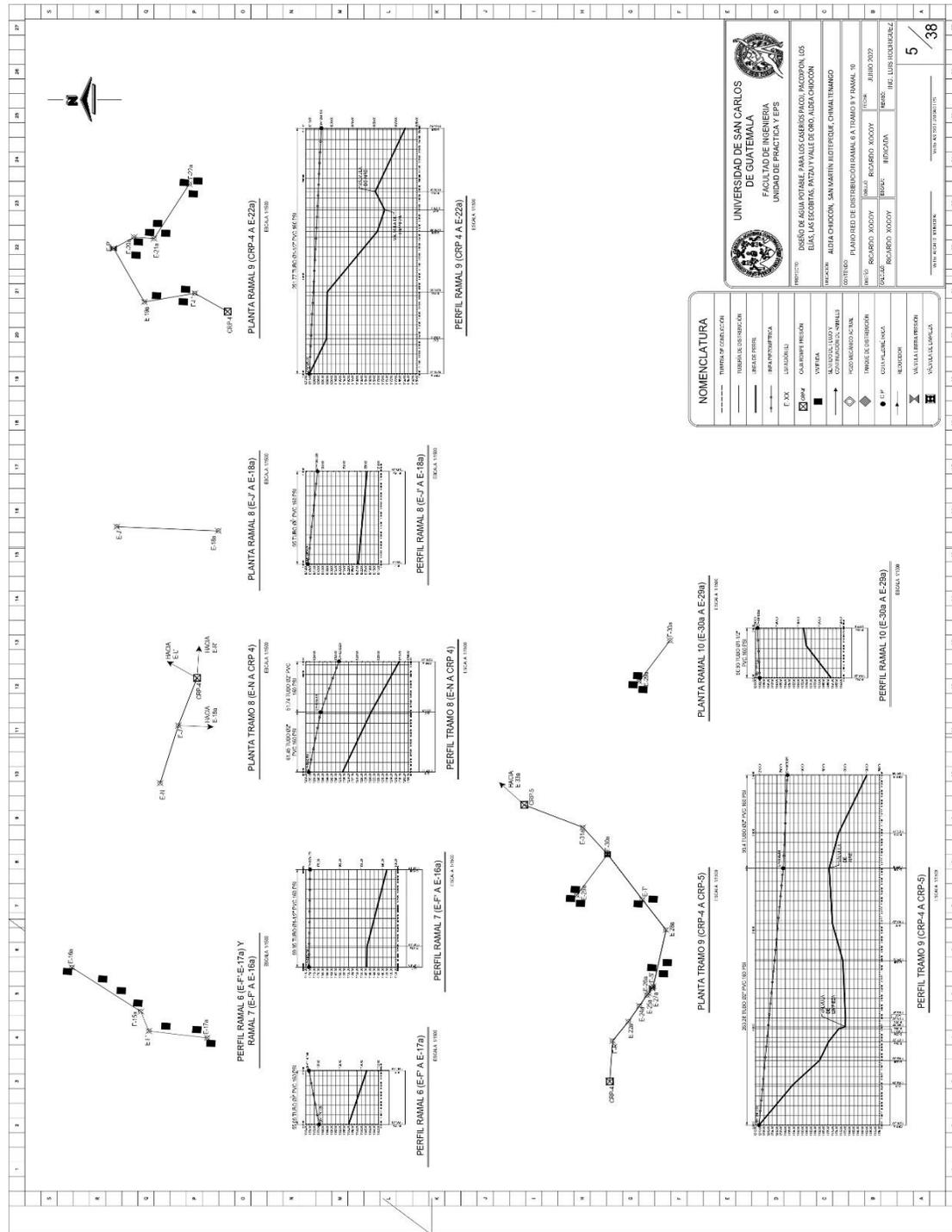
**COLABORADORES:** RICARDO XICOY **REVISOR:** JEFFERSON **FECHA:** JUNIO 2023

**PROFESOR:** ING. LUIS RODRÍGUEZ

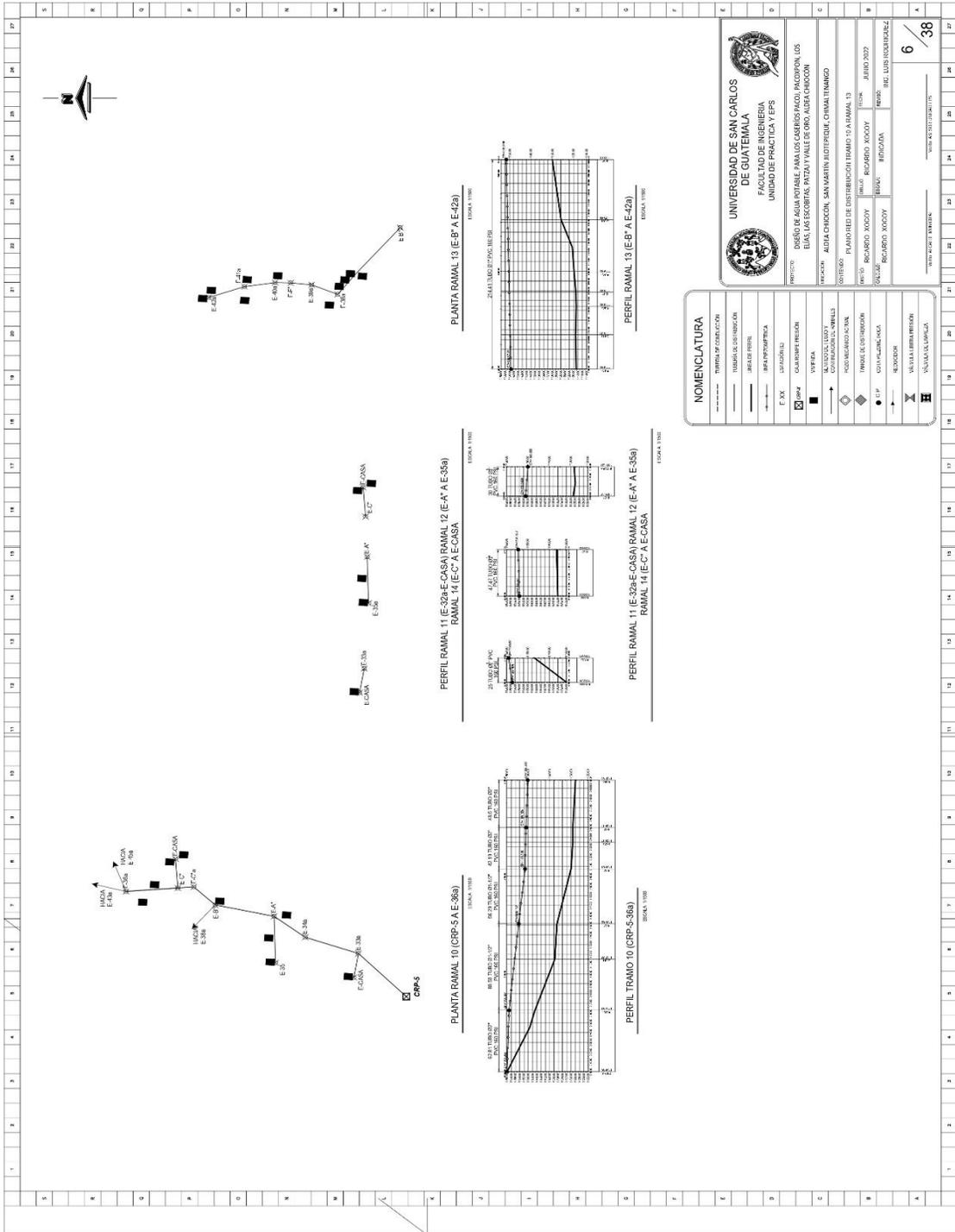
3 / 38



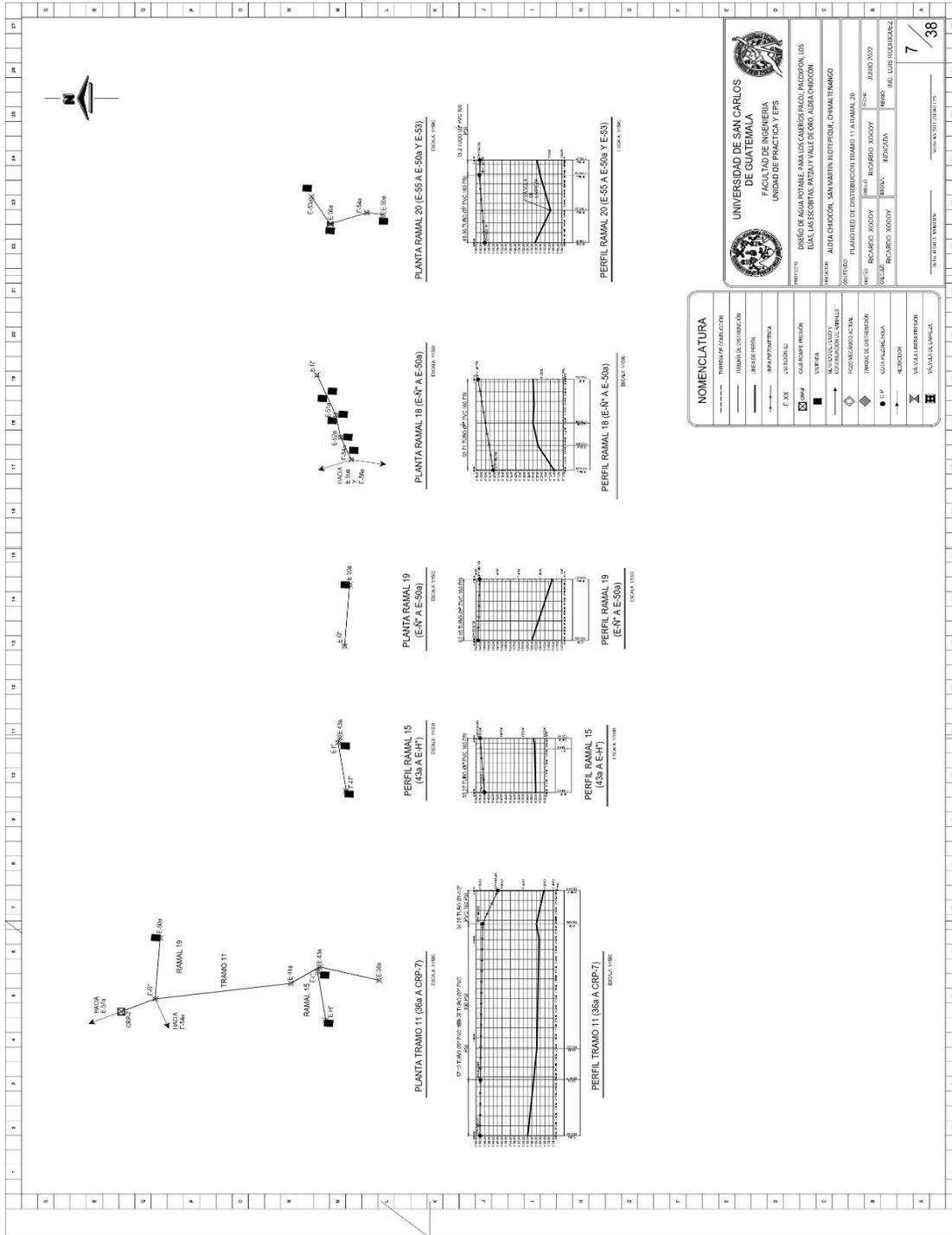
Continuación de apéndice 3.



Continuación de apéndice 3.



Continuación de apéndice 3.



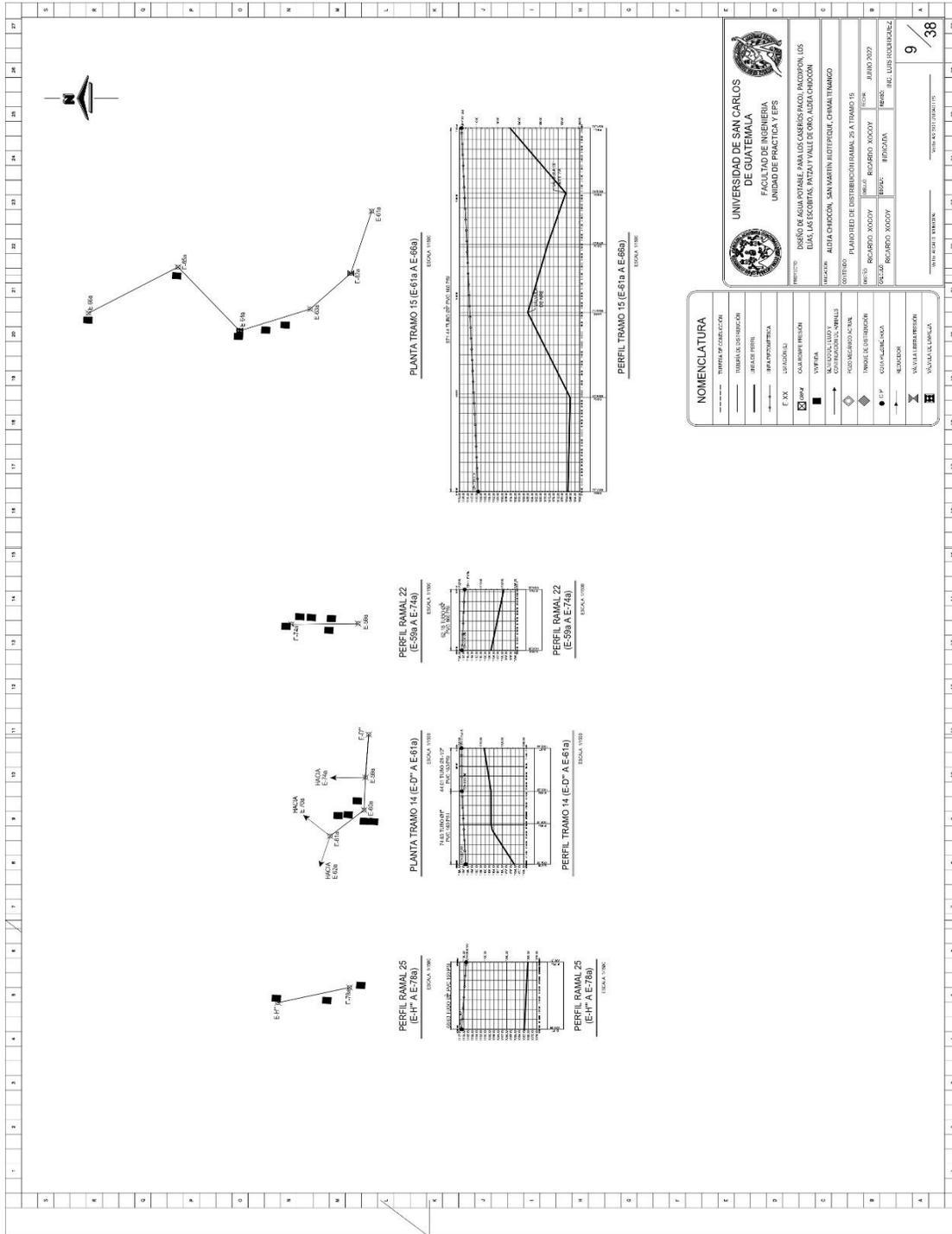
NOMENCLATURA	
	TUNEL DE COLECCIÓN
	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
	REGULADOR
	INFRAESTRUCTURA
	VALVULA
	VALVULA DE RESERVA
	VALVULA DE DISTRIBUCION
	VALVULA DE CONTROL
	VALVULA DE CIERRE
	VALVULA DE REGULACION
	VALVULA DE ALIVIO
	VALVULA DE DISTRIBUCION
	VALVULA DE CONTROL
	VALVULA DE CIERRE
	VALVULA DE REGULACION
	VALVULA DE ALIVIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIDAD DE PRÁCTICA DE P  
 PROYECTO: DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACO, PALOPIRAN, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, INTZ'ATY VALLE DE ORO, ADEGRACHOON  
 INGENIERO: RAFAEL CHACON, SAN MARTIN HERRERA, CHIMALTINIBARGO  
 CENTRO: PLANIFICACION DE DISTRIBUCION TRAMO 11 A RAMAL 20  
 INGENIERO: RICARDO XICOY  
 COORDINADOR: RICARDO XICOY  
 COLEGA: RICARDO XICOY  
 FECHA: JUNIO 2022  
 INGENIERO: RIC. LUIS RODRIGUEZ

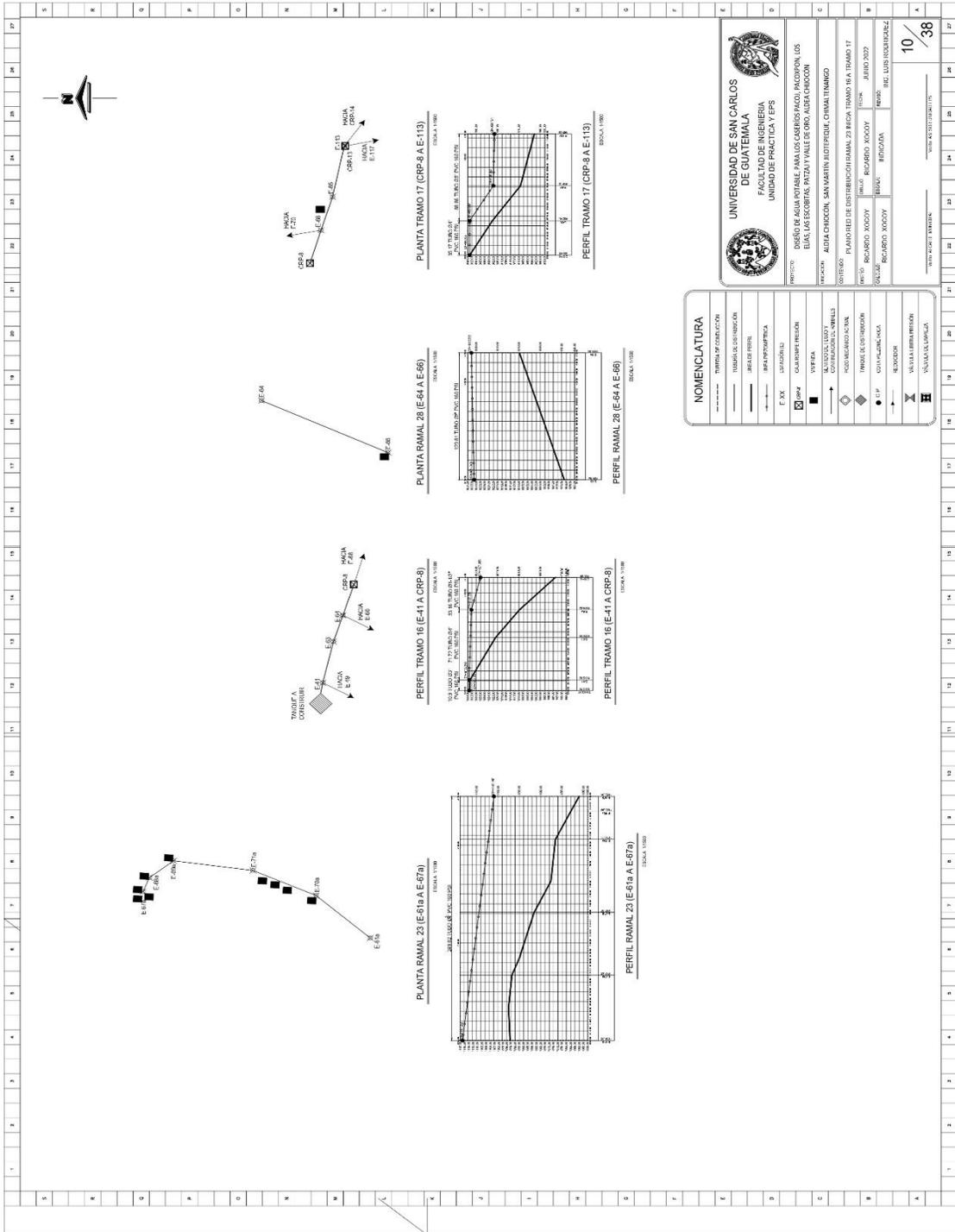
7 / 38



Continuación de apéndice 3.

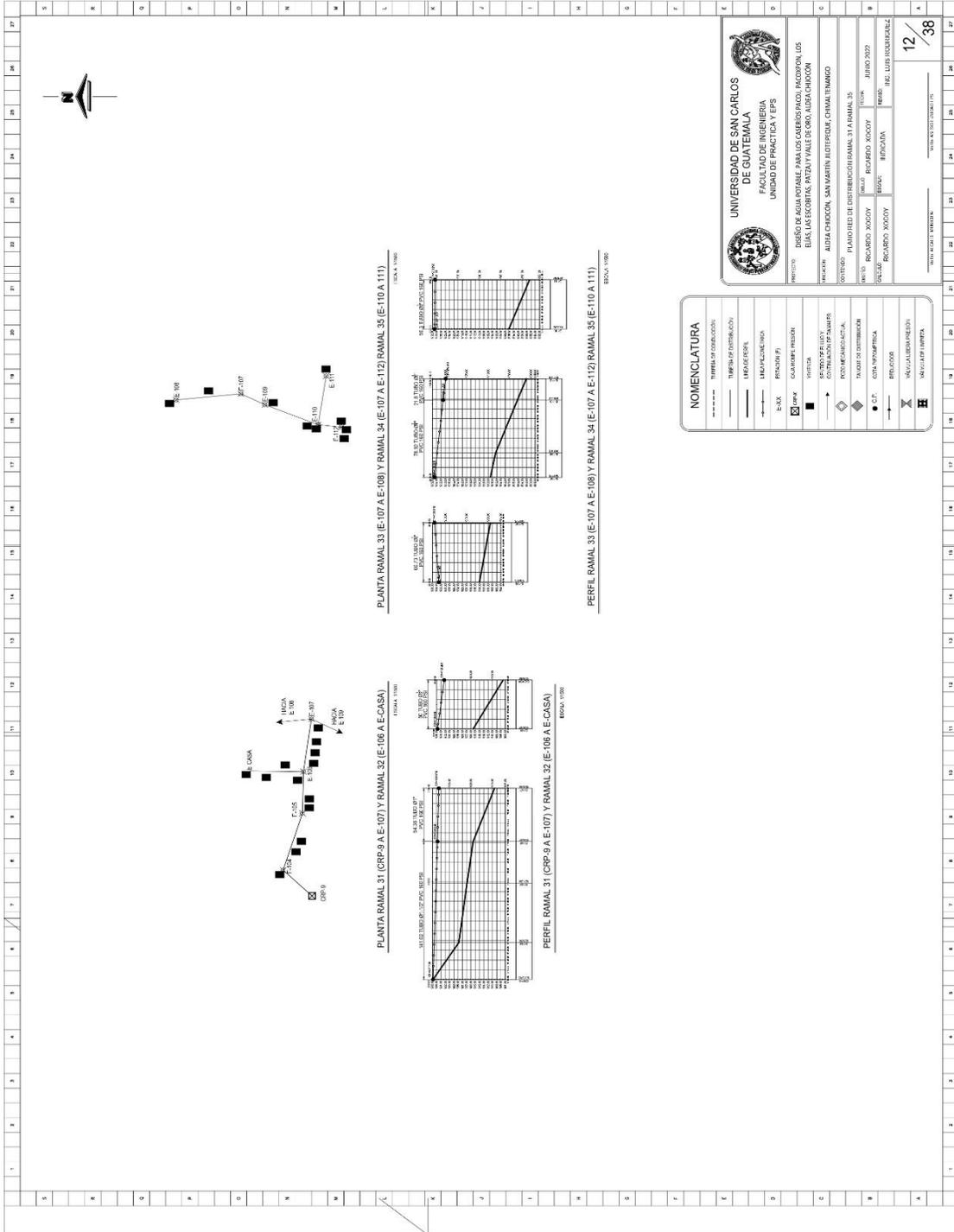


Continuación de apéndice 3.

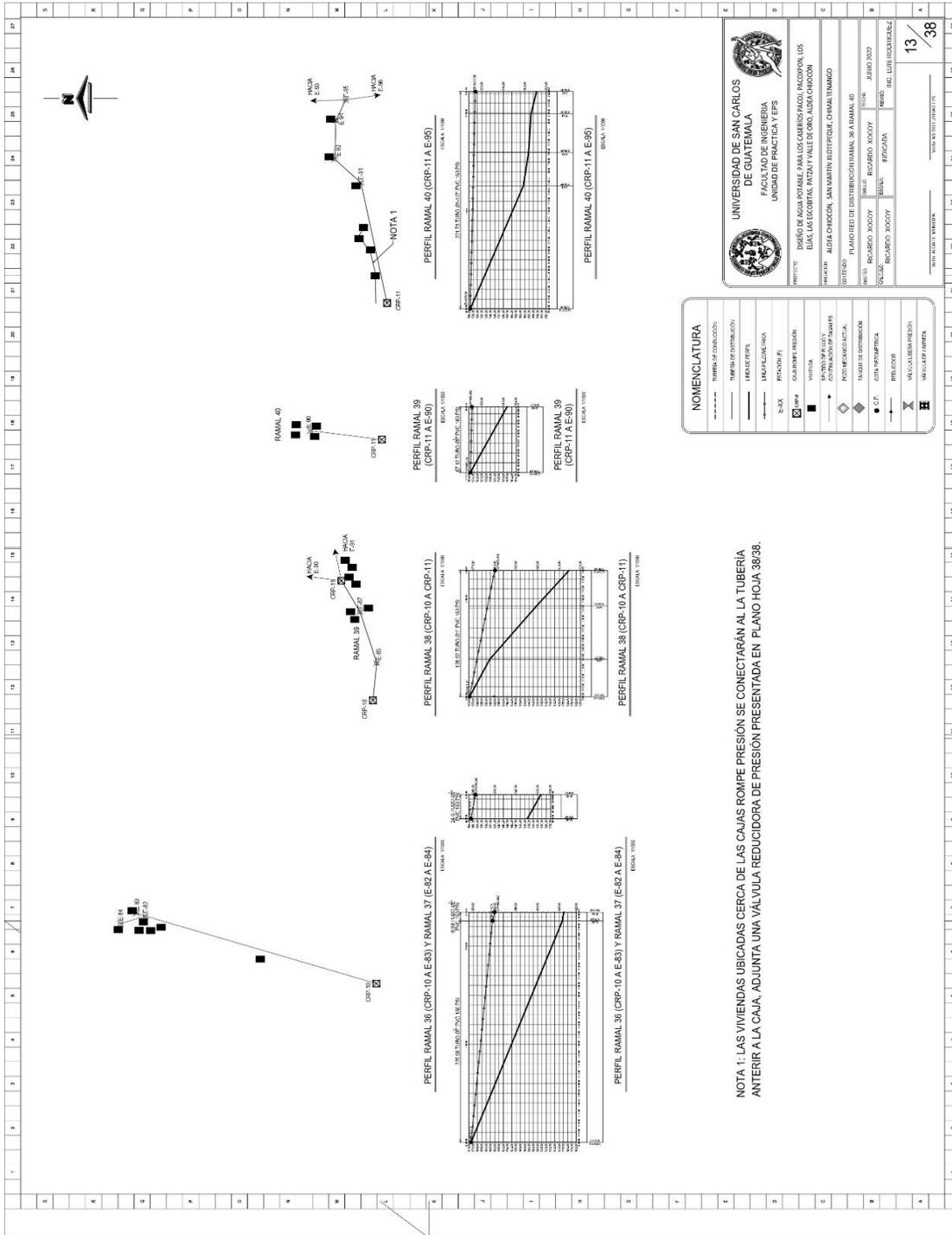




Continuación de apéndice 3.

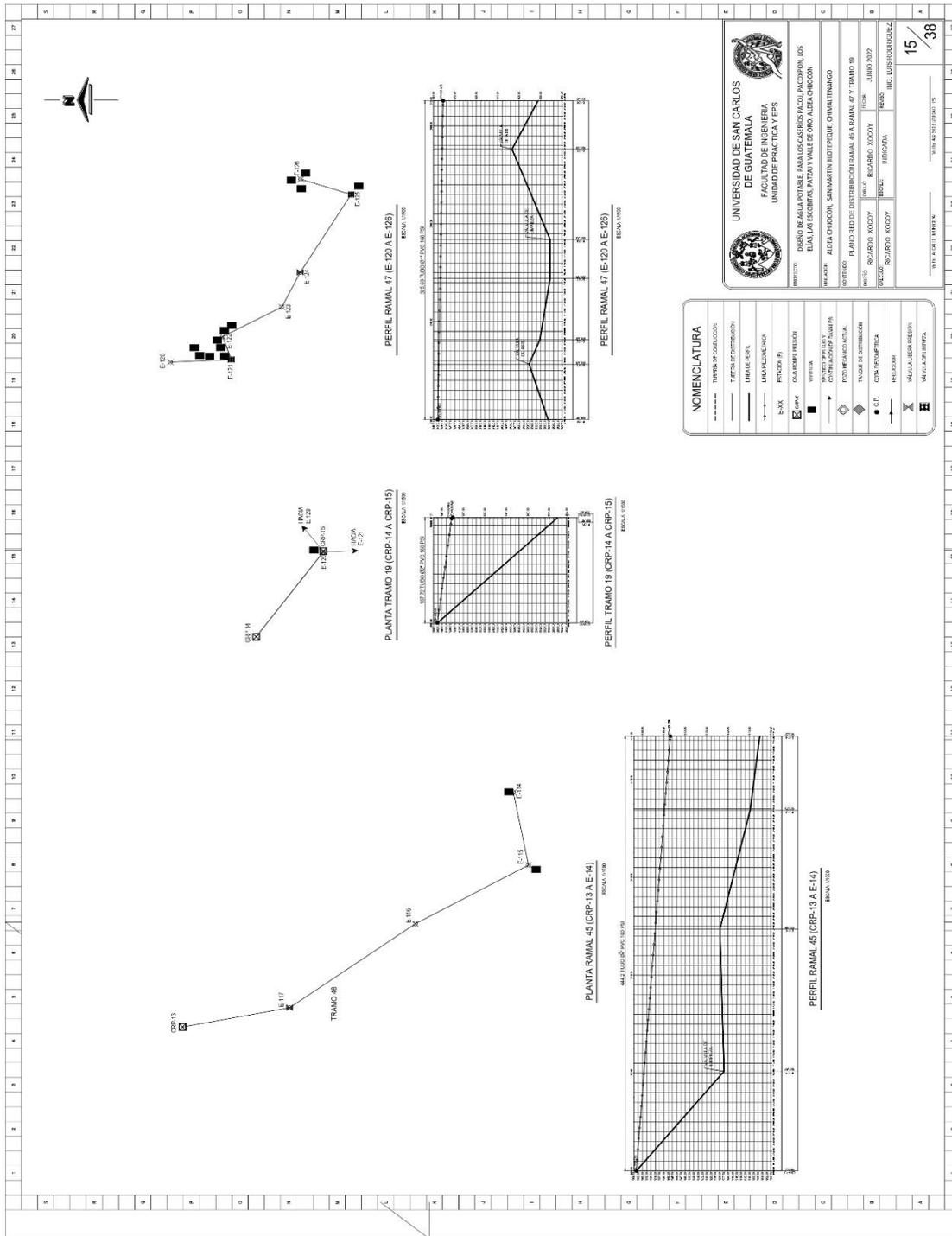


Continuación de apéndice 3.

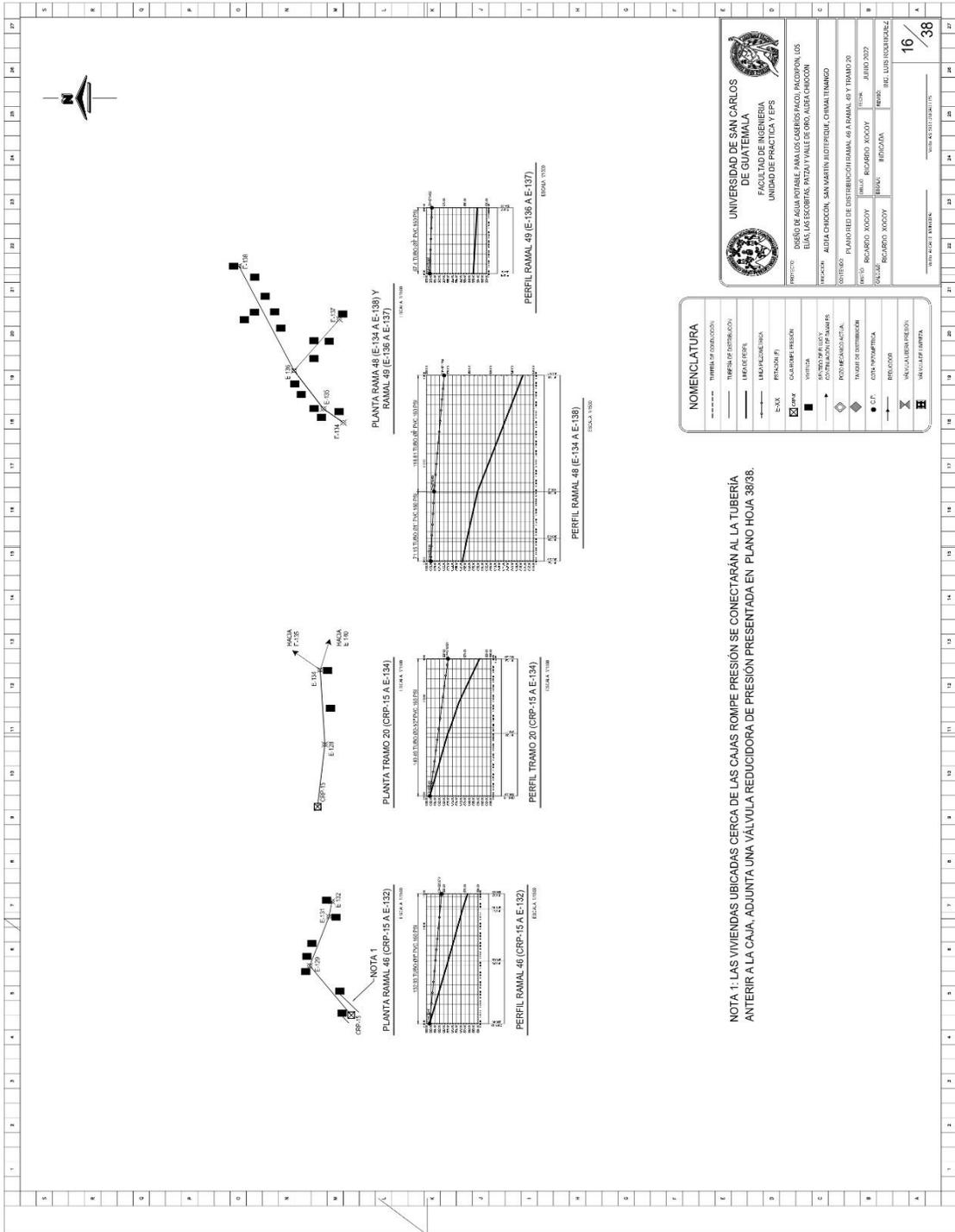




Continuación de apéndice 3.

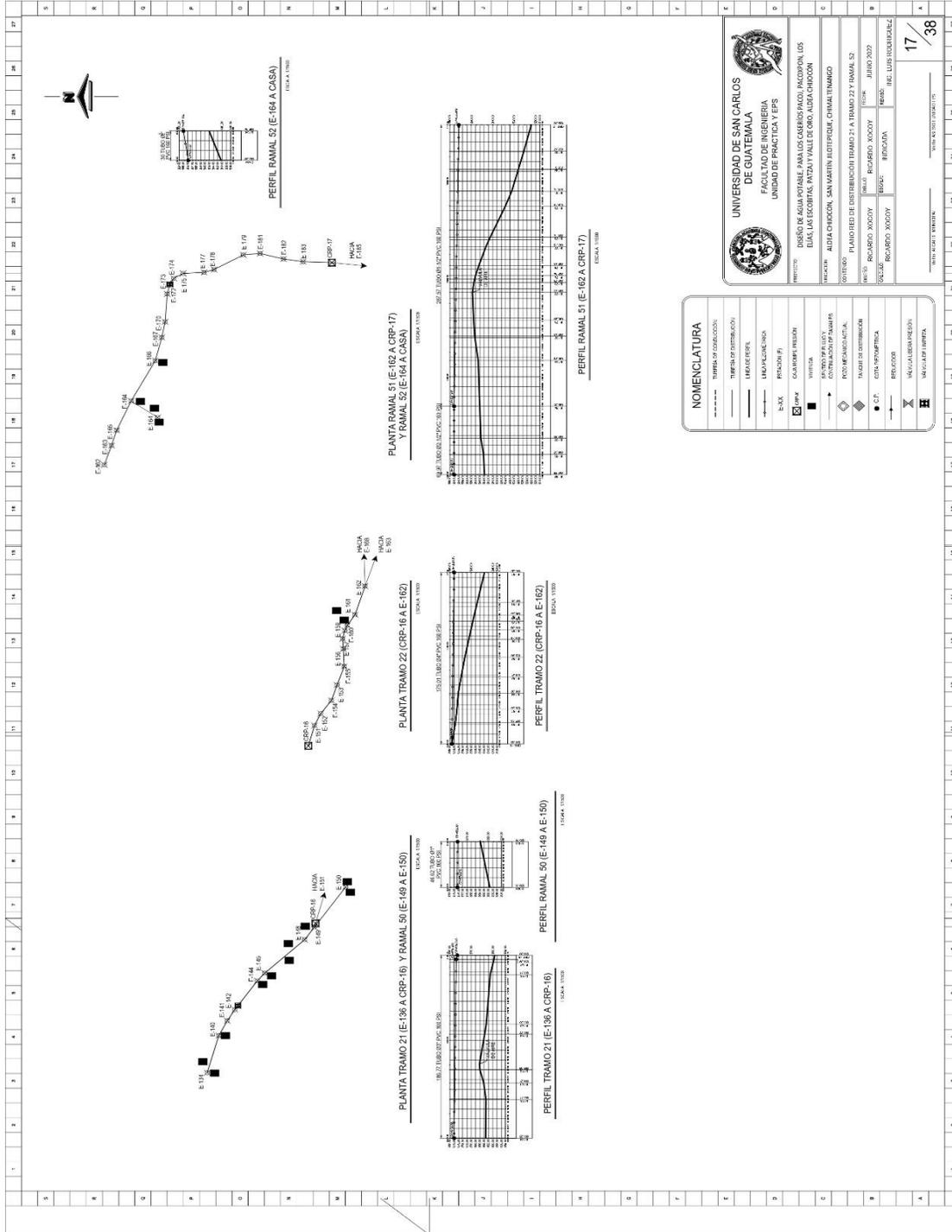


Continuación de apéndice 3.



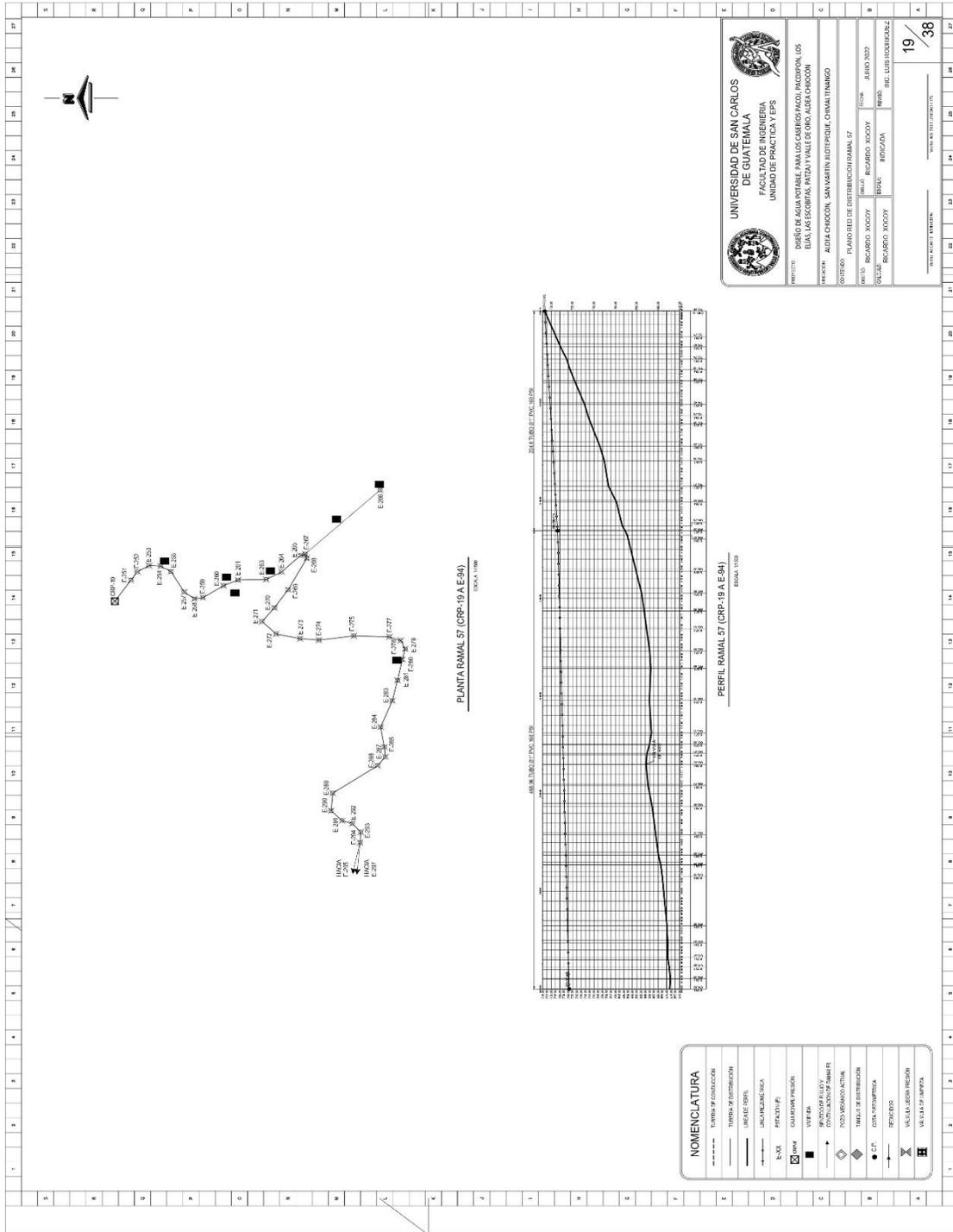
NOTA 1: LAS VIVIENDAS UBICADAS CERCA DE LAS CAJAS ROMPE PRESIÓN SE CONECTARÁN A LA TUBERÍA ANTERIOR A LA CAJA, ADJUNTA UNA VALVULA REDUCIDORA DE PRESIÓN PRESENTADA EN PLANO HOJA 38/38.

Continuación de apéndice 3.





Continuación de apéndice 3.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIDAD DE PRACTICA 1ER**

PROYECTO: DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACO, PALCOYAN, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZ'AN Y VALLE DE ORO, ADECHACHOON

INTEGRANTES: RAFAEL CHOCÓN, SAN MARTÍN RODRÍGUEZ, CHIMALTINIBARGO

GRUPO: PLANIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 57

FECHA: JUNIO 2023

PROFESOR: RICARDO XICOTY

ALUMNO: RICARDO XICOTY

BOLETA: #1603024

INSTRUMENTOS: #1603024

FECHA DE ENTREGA: 19 / 38

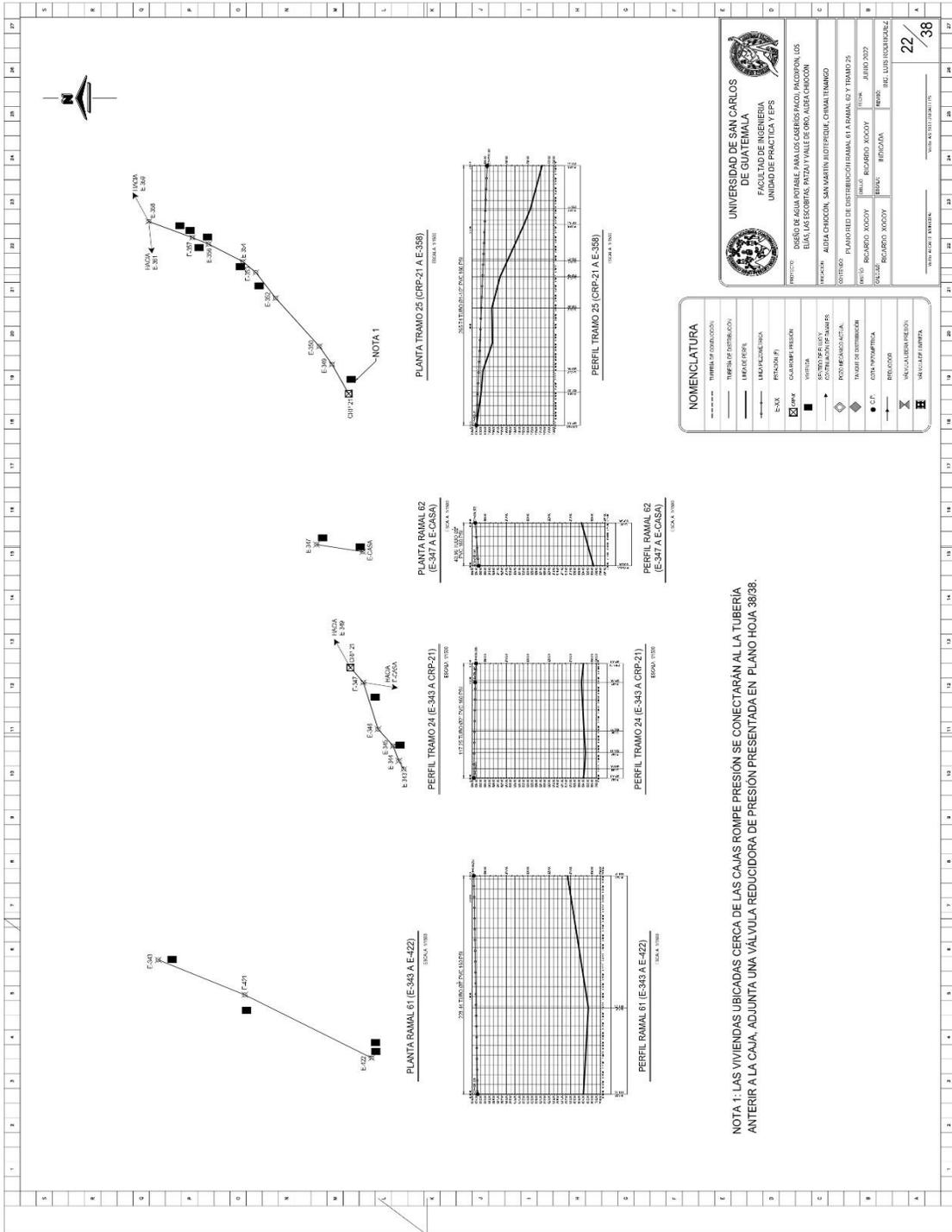
**NOMENCLATURA**

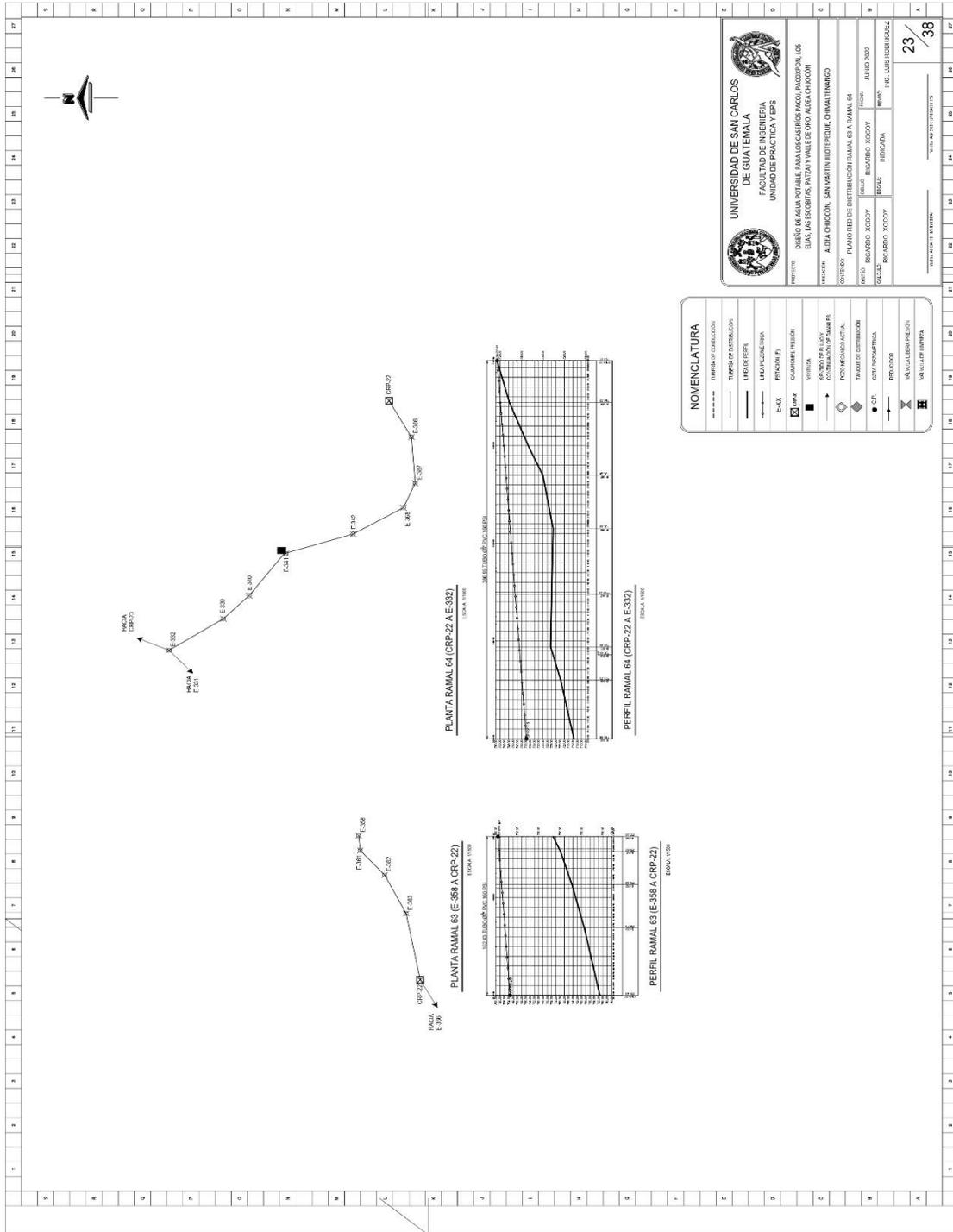
	FUENTE DE COLECCIÓN
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	VALVULA DE REGULACION
	VALVULA DE RESERVA
	CAJON DE INSPECCION
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	RESERVA
	VALVULA DE REGULACION
	CAJON DE INSPECCION
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	RESERVA
	VALVULA DE REGULACION
	CAJON DE INSPECCION
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	RESERVA





Continuación de apéndice 3.

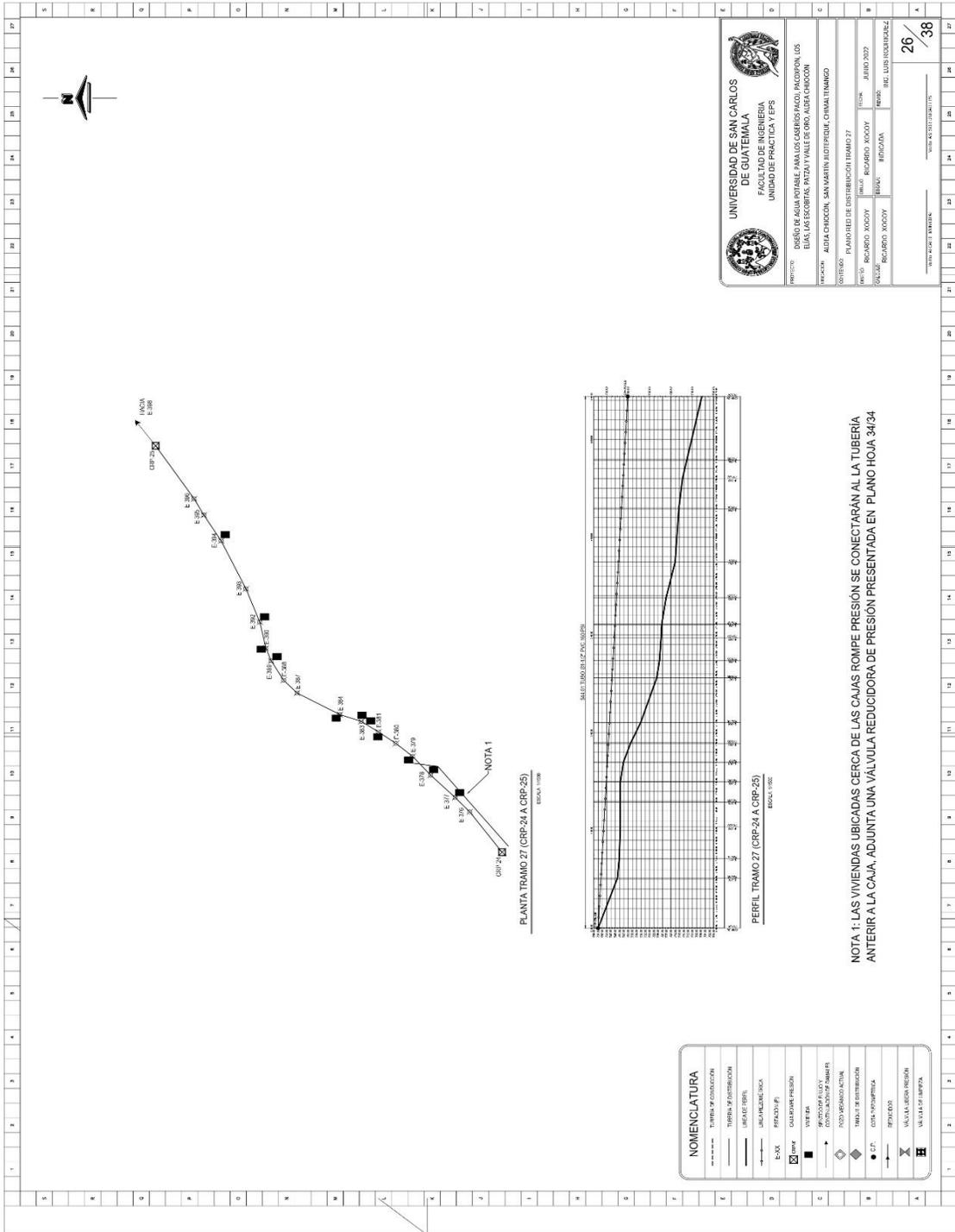








Continuación de apéndice 3.



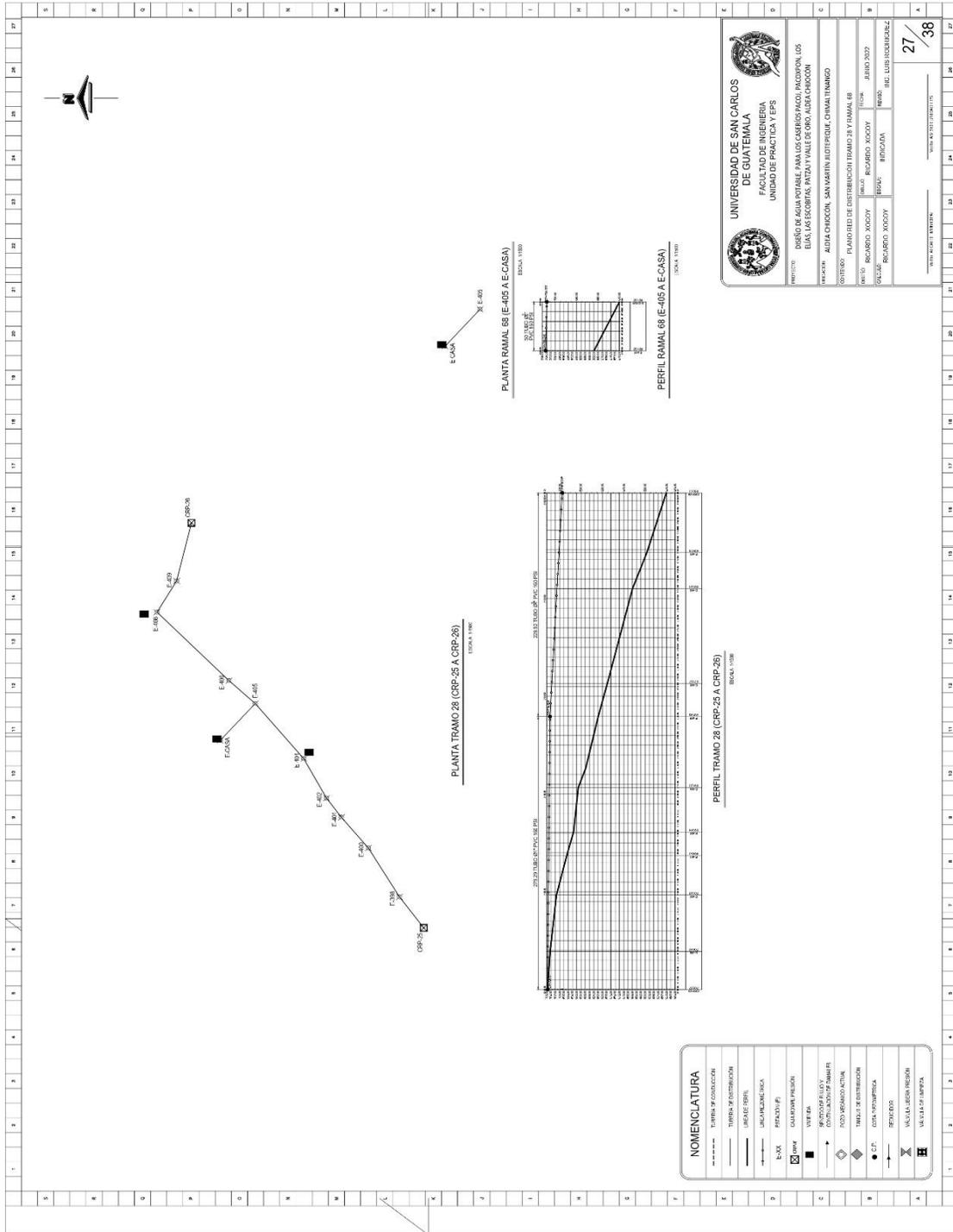
**NOMENCLATURA**

	TUBERIA CON CONSTRUCCION
	TUBERIA SIN CONSTRUCCION
	VÁLVULA
	CAJAS DE MANEJO
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA Y CERRAJE
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA, CERRAJE Y VÁLVULA
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA, CERRAJE, VÁLVULA Y MANÓMETRO
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA, CERRAJE, VÁLVULA, MANÓMETRO Y ROMPE PRESIÓN
	CAJAS DE MANEJO CON CUBIERTA, CERRAJE, VÁLVULA, MANÓMETRO, ROMPE PRESIÓN Y REDUCTOR DE PRESIÓN

NOTA 1: LAS VIVIENDAS UBICADAS CERCA DE LAS CAJAS ROMPE PRESIÓN SE CONECTARÁN A LA TUBERÍA ANTERIOR A LA CAJA, ADUNTA UNA VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN PRESENTADA EN PLANO HOJA 34/34

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE PRACTICAS Y EPS</p>	
PROYECTO:	DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS DE PACOPON, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZ'UN Y VALE DE ORO, AGRACHOON
CLIENTE:	AJUDA CHICHON, SAN MARTIN JUSTITIQUE, CHIMATIMANGO
CATEGORIA:	PLANTERO DE DISTRIBUCION TRAMO 27
PROFESOR:	RICARDO XICOY
ALUMNO:	RICARDO XICOY
FECHA:	JUNIO 2022
ENCARGADO:	ING. LUIS RODRIGUEZ
<p>26 / 38</p>	

Continuación de apéndice 3.



**NOMENCLATURA**

—	TUBERIA DE COLECCIÓN
—	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
—	UBICACIÓN DE BOMBA
—	RESERVOIRIO
—	VALVULA DE CIERRE
—	VALVULA DE REGULACION
—	VALVULA DE AMPLIACION
—	VALVULA DE REGULACION
—	VALVULA DE AMPLIACION

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIDAD DE PRACTICA I-EP**

**PROFESOR:** DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CAMBIOS PACO, MACOPON, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZ'UN Y VALLE DE ORO, AGRACHOON

**ALUMNO:** RICARDO XICOY

**GRUPO:** RICARDO XICOY

**FECHA:** JUNIO 2022

**INSTITUTO:** INGENIERIA

**INTEGRANTES:** RICARDO XICOY, RICARDO XICOY

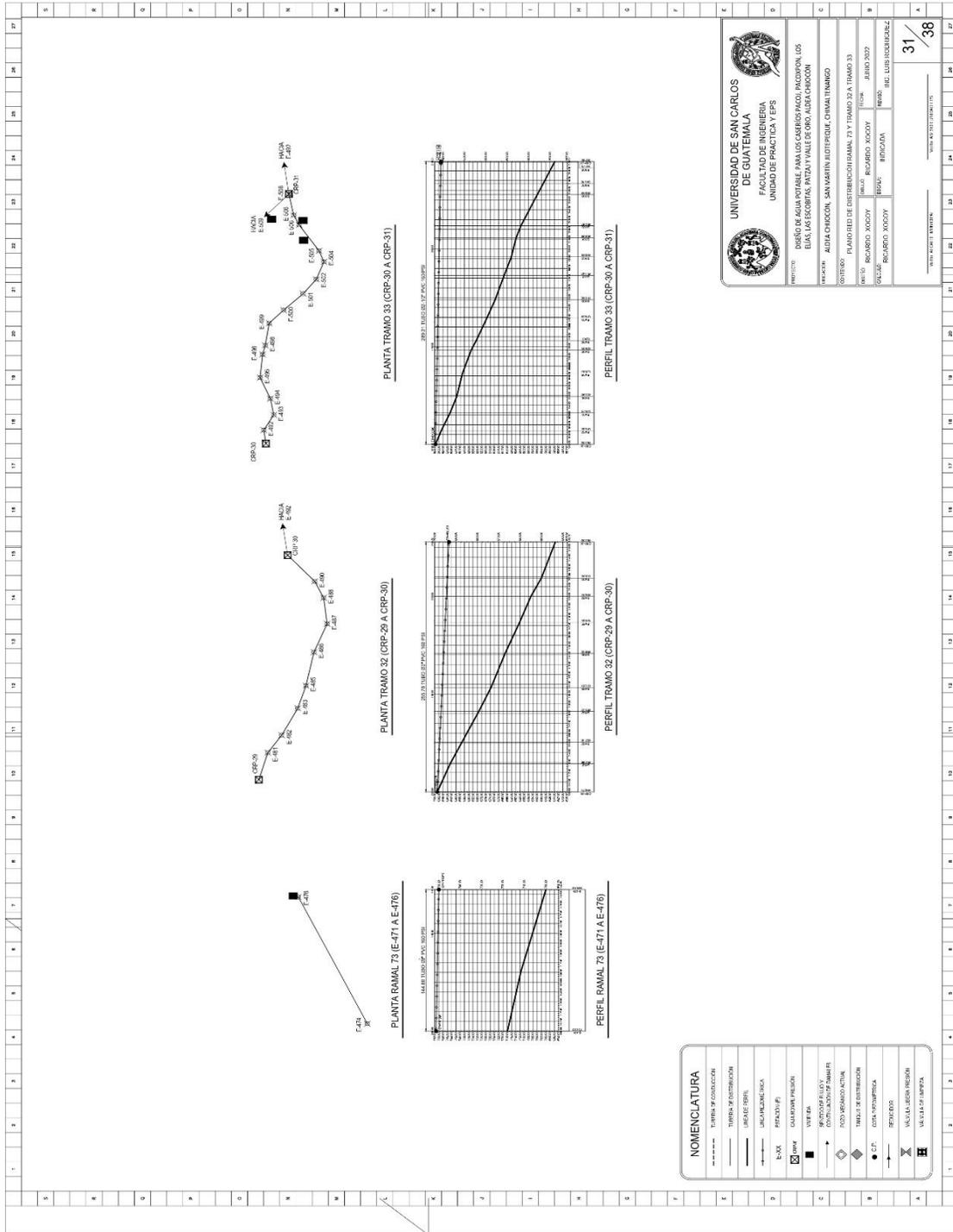
**FECHA DE ENTREGA:** 27 / 38







Continuación de apéndice 3.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIDAD DE PRÁCTICAS Y EP**

**PROYECTO:** DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CAMBIOS FACIO, PALOPIRAN, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZ'AN Y VALLE DE ORO, AGRACHOON

**INTEGRANTES:** RAÚL CHOCÓN, SAN MARTÍN RODRÍGUEZ, CHIMELTINABO

**GRUPO:** PLANO RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 73 Y TRAMO 32 A TRAMO 33

**PROFESOR:** RICARDO XICOMY

**FECHA:** JUNIO 2023

**COLECCIÓN:** RICARDO XICOMY

**REGIÓN:** PACIFICO

**PAIS:** GUATEMALA

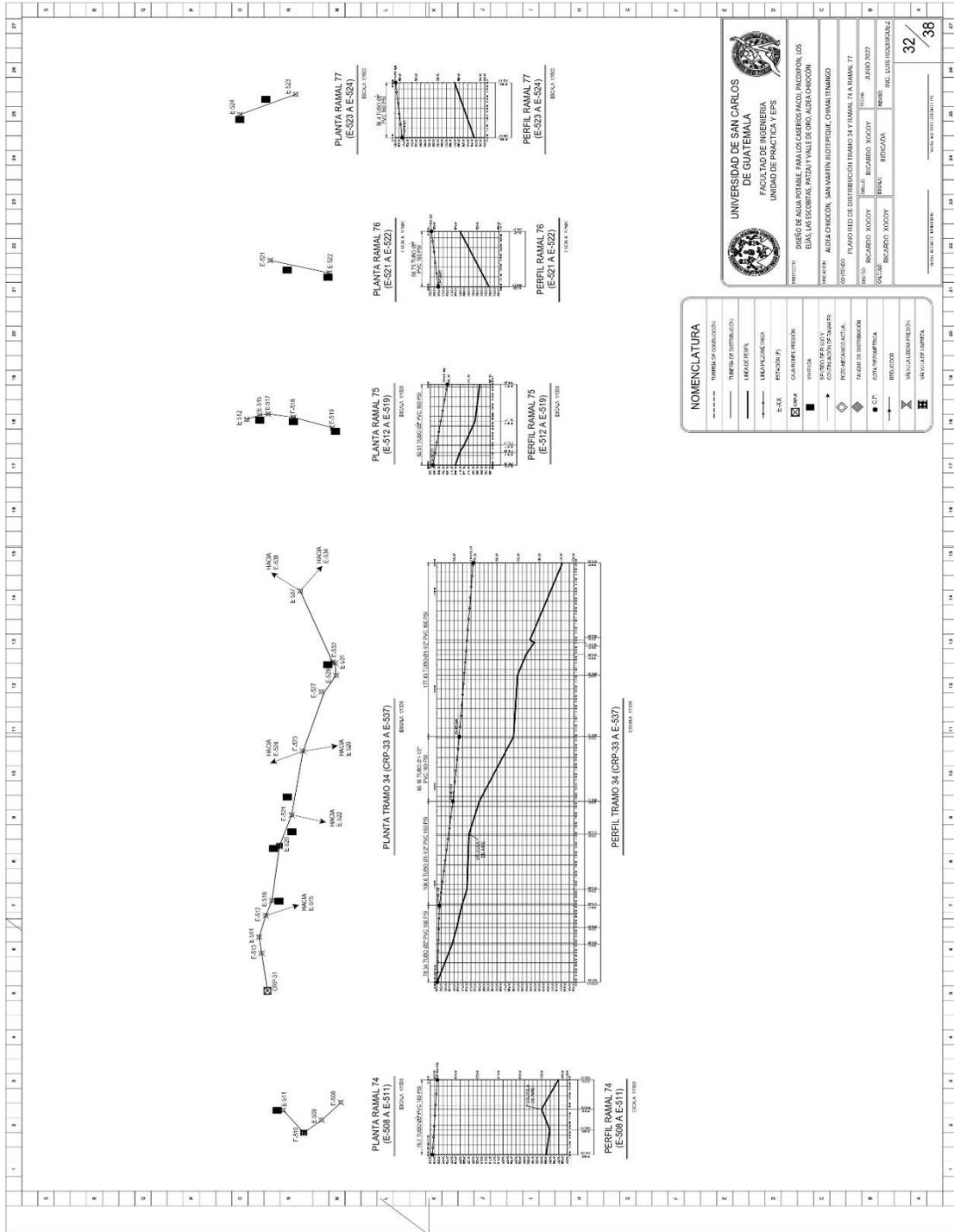
**ING. LUIS RODRIGUEZ**

31 / 38

**NOMENCLATURA**

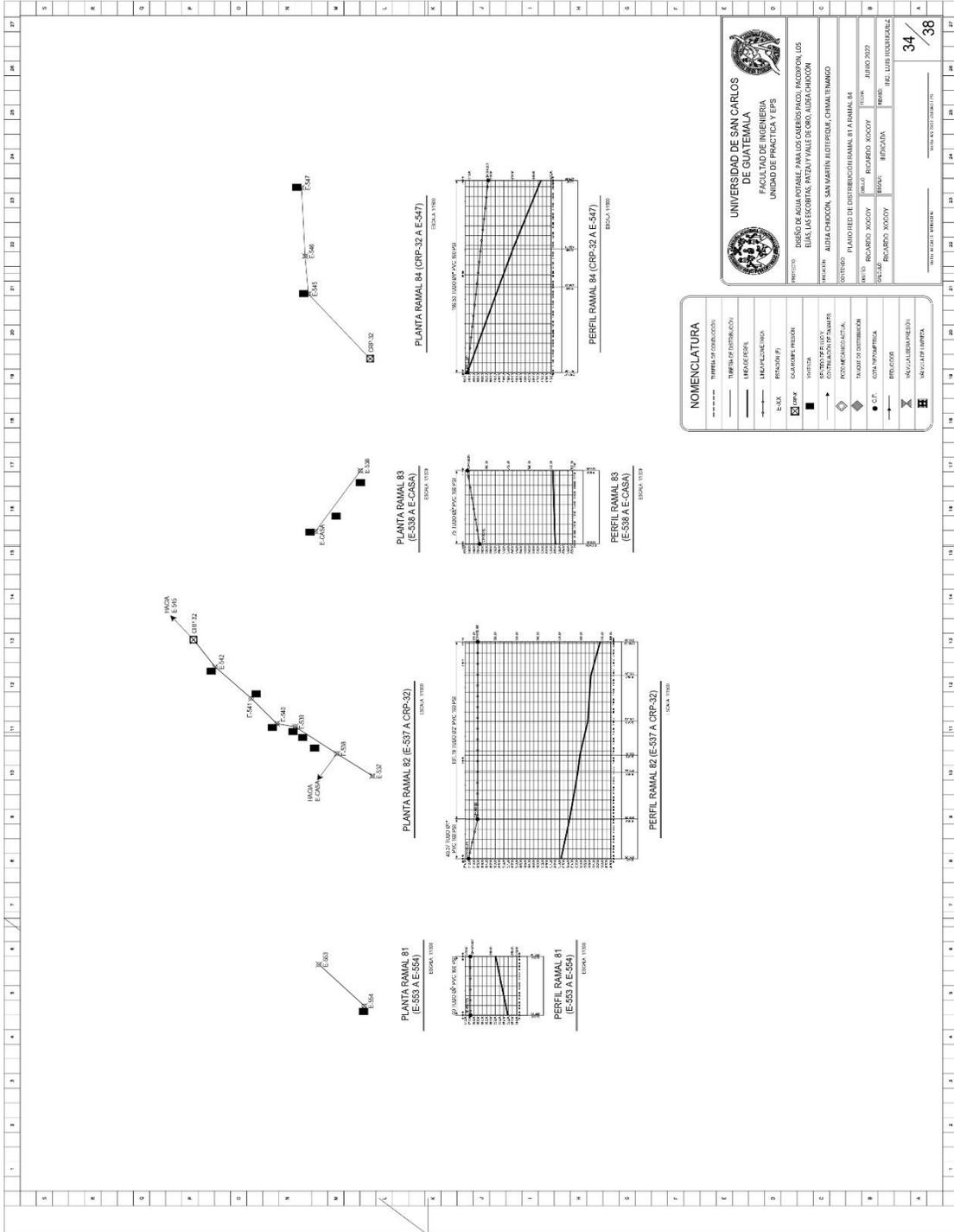
	TANQUE DE COLECCIÓN
	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
	VALVULA DE CONTROL
	BOQUILLA DE AGUA
	REJILLA DE INSPECCION
	VALVULA DE CERRAMIENTO
	BOQUILLA DE AGUA
	REJILLA DE INSPECCION
	VALVULA DE CERRAMIENTO Y BOQUILLA DE AGUA
	REJILLA DE INSPECCION Y BOQUILLA DE AGUA
	VALVULA DE CERRAMIENTO Y REJILLA DE INSPECCION
	VALVULA DE CERRAMIENTO, BOQUILLA DE AGUA Y REJILLA DE INSPECCION

Continuación de apéndice 3.





Continuación de apéndice 3.



**NOMENCLATURA**

—	TUBERIA DE COLECCIÓN
—	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
—	LINEAS DE SERVIDOR
—	LINEAS DE SERVIDORA
E-XX	PROYECTO (E)
□	CAJONES DE PRESIÓN
□	VERTICALES
→	BOQUINAS DE PUNTO DE PARTIDA
→	BOQUINAS DE PUNTO DE FIN
◇	BOQUINAS DE SERVIDOR
◇	BOQUINAS DE SERVIDORA
CT	CONTROLES DE PRESIÓN
→	CONTROLES DE VENTILACIÓN
→	REFUGIOS
→	VALVULAS DE PRESIÓN
→	VALVULAS DE SERVIDOR

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE PRÁCTICAS Y EPS

PROYECTO: DISEÑO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOY, PACOPON, LOS ELIAS, LAS ESCOBITAS, PATZ'AN Y VALLE DE ORO, AURACHOON

CONTENIDO: AJUDA CHICOON, SAN MARTIN JUSTITIQUE, CHIMATINANGO

PLANTERO DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 81 A RAMAL 84

MAESTRO: RICARDO XOCY  
ALUMNO: RICARDO XOCY  
FECHA: JUNIO 2022

GRUPO: RICARDO XOCY  
SERIE: INGENIERIA  
MATERIA: INCL. LAB. INGENIERIA

VALOR ACUMULADO: 34 / 38

# Continuación de apéndice 3.

**PLANTA ACOTADA**  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:100

**PLANTA LOSA SUPERIOR**  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:100

**PLANTA LOSA INFERIOR**  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:100

**SECCION TRANSVERSAL B-B'**  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:50

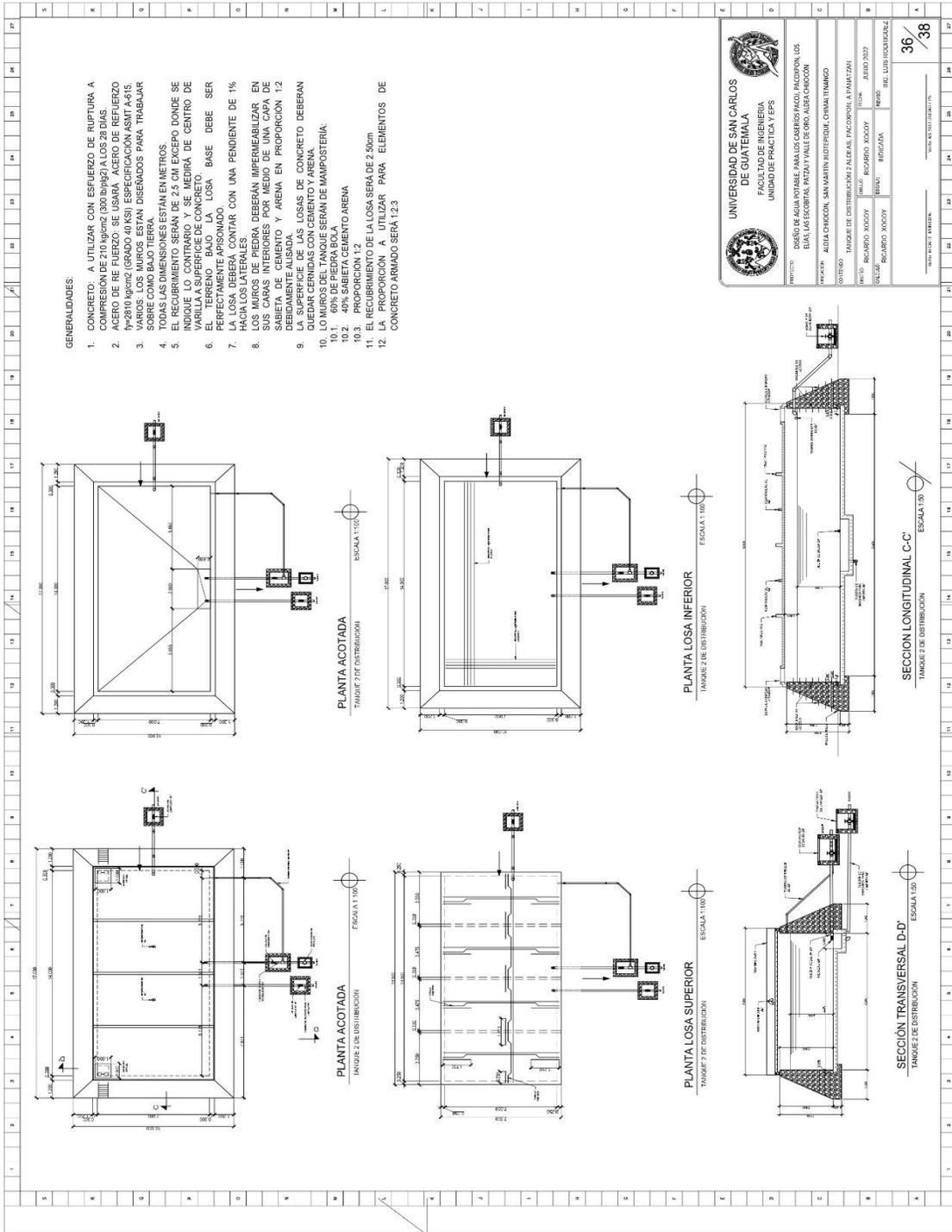
**SECCION LONGITUDINAL A-A'**  
TANQUE DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:50

**GENERALIDADES:**

1. CONCRETO: A UTILIZAR CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/in<sup>2</sup>) A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO VARILLAS (GRUPO F50) ELEGIRSE LAS MARCAS Y TIPO VARIAS COMO BAJA TIERRA.
3. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.
4. EL RECUBRIMIENTO SERAN DE 2.5 CM EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y SE MEDIRA DE CENTRO DE VARILLAS SUPERFICIE DE CONCRETO. LOSA BASE DEBE SER PERFECTAMENTE APISONADO.
5. LA LOSA DEBERA CONTAR CON UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LATERALES.
6. LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZAR EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE CEMENTO MORTAR Y ANENA EN PROPORCION 1:2 DEBIDAMENTE ALISADA.
7. LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERRNIDAS CON CEMENTO Y ARENA.
8. LO MUROS DEL TANQUE SERAN DE MAPOSTERIA:
  10. 40% CEMENTO ARENA
  - 10.2. 40% SABLE CEMENTO ARENA
  - 10.3. PROPORCION 1:2
9. EL RECUBRIMIENTO DE LA LOSA SERA DE 2.50cm
11. LA PROPORCION A UTILIZAR PARA ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO SERA 1:2:3

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE PRACTICA Y EPS</p>	
PROYECTO: DISEÑO DE ALBA POTABLE PARA LOS CAMBIOS PACO, PALCOPIAN, LOS BLAS, LAS ESCORTAS, PATZ'Y VALLE DE ORO, AGRACHOON	
INGENIERO: AULEA CHECON, SAN MARTIN RODRIGUEZ, CHIMALTINIBARGO	TITULO:
DIRECTOR: RICARDO XICOY	FECHA: JUNIO 2022
COORDINADOR: RICARDO XICOY	INSTITUCION:
COLABORADOR: RICARDO XICOY	INGENIERO:
35 / 38	

Continuación de apéndice 3.









# ANEXOS

## Anexo 1.

### Estudio de impacto ambiental.



### FORMULARIO INSTRUMENTOS AMBIENTALES CATEGORÍA C

Indique con una "X" el tipo de instrumento ambiental que desea ingresar.  
Evaluación Ambiental Inicial<sup>1</sup>  Diagnóstico Ambiental de Bajo Impacto<sup>2</sup>

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario el Departamento de Atención a la Gestión Ambiental o las Delegaciones Departamentales no lo aceptarán.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Este formato se puede descargar en el portal: <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a> (link: <a href="http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental">http://marn.gob.gt/paginas/Categoria_C1_Actividades_de_Bajo_Impacto_Ambiental</a>)</li> <li>Completar el siguiente instrumento ambiental 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.</li> <li>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso al que corresponde la información.</li> <li>La información debe ser completa, utilizando letra de molde legible, máquina de escribir y/o digital (impreso).</li> <li><b>Todos los espacios deben ser completados</b>, incluso aquellos en que no sean aplicables a su Proyecto (explicar la razón o las razones por las que usted lo considera de esa manera).</li> <li>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> <li>En caso el Sector de su proyecto, obra, industria o actividad, cuente con Guía Ambiental, deberá utilizarla como herramienta en este formato para mitigar impactos ambientales.</li> <li>Si la información consignada en el presente formato no llena los aspectos técnicos para el proyecto, obra, industria o actividad, se requerirán Ampliaciones de acuerdo a la normativa ambiental vigente.</li> </ul>	<p>No. Expediente</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>1.1. Información del Proyecto</b>	
Nombre del Proyecto, obra, industria o actividad	DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERIOS PACOJ, PACOXPON, PANATZAN, LOS ELÍAS, LAS ESCOBITAS, Y VALLE DE ORO, ALDEA CHIJOCON, MUNICIPIO DE SAN MARTIN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO
Dirección donde se ubica el Proyecto	Aldea Chijocon, Municipio de San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango.  (Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)
<b>1.2. Información legal (persona individual o jurídica)</b>	
Nombre del propietario y/o Representante Legal	Municipalidad de San Martín Jilotepeque
Numero de Documento personal de Identificación (DPI)	

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

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Continuación de anexo 1.



Actividades colindantes al Proyecto (vecindad inmediata).				
Norte	Agricultura, ganadería			
Sur	Agricultura			
Este	Agricultura, ganadería			
Oeste	Agricultura			
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:			rural	
<b>2.3. Exposición a riesgos</b>				
Indicar con una "X" los riesgos a los que se está expuesto por la ubicación del Proyecto.				
Inundación	Explosión	Deslizamientos	Erupciones	
Derrumbes	Sismos	Incendios	Biológicos	
Otros (explicar)				
<b>2.4. Área del Proyecto</b>				
En Sistema Internacional (metros cuadrados, hectáreas, o como corresponda).				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área del terreno: área que tiene toda la propiedad, finca o terreno.</li> <li>Área de ocupación: área de intervención que tiene el proyecto en el primer nivel o planta baja.</li> <li>Área de construcción: área total que tiene la intervención del proyecto, desde su planta baja hacia niveles superiores.</li> </ul>				
Área del terreno: 23.50 kilómetros Área de ocupación: 23.50 kilómetros Área de construcción: 23.50 kilómetros				
<b>2.5. Descripción de las fases de desarrollo del Proyecto</b>				
Proporcionar una descripción de las actividades que apliquen y serán efectuadas en el Proyecto. Puede utilizar hojas adicionales de ser necesario, especificando los temas a tratar.				
<b>Fase de construcción</b>	Actividades a realizar	Construcción de tanques, zanqueo e instalación de tubería.		
	Insumos necesarios	Pegamento pvc, teflón		
	Maquinaria y equipo	Palas, piochas, tubería pvc, pegamento pvc, carretas, machetes		
	Horario de trabajo	De 8.00 am a 5.00 pm		
	Contratación de personal	Mano de obra será proporcionada por la población beneficiada		
	Otros de relevancia			
<b>Fase de operación</b>	Actividades o procesos	Limpieza periódica de tanque, sistema de tuberías, y aplicación de cloro a tanques.		
	Materia prima e insumos	Cloro, artículos de limpieza,		
	Maquinaria y equipo	Palas, piochas, carretas.		
	Productos y subproductos (bienes y servicios)	Tabletas de tricloro		
	Horario de trabajo	De 8.00 am a 5.00 pm		
	Contratación de personal	Fontaneros para chequeos periódicos de tubería		
	Otros de relevancia			
<b>Fase de abandono</b>	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del Proyecto	Limpieza de área, relleno de zanjas		
<b>2.6. Información específica de insumos</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso de equipo eléctrico, considerar los lineamientos del Acuerdo Gubernativo No. 194-2018 "Reglamento para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo Contienen".</li> </ul>				

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

www.marn.gob.gt Síguenos en:

Continuación de anexo 1.



Razón social		Social					
Nombre Comercial							
No. De Escritura Constitutiva							
Fecha de constitución							
Patente de Sociedad	Registro No.		Folio No.		Libro No.		
Patente de Comercio	Registro No.		Folio No.		Libro No.		
Patente de Comercio (Sucursal)	Registro No.		Folio No.		Libro No.		
Finca donde se ubica el Proyecto	Finca No.		Folio No.		Libro No.	de	
Número de RTU							
<b>1.3. Información de contacto del proponente</b>							
Teléfono		Correo electrónico					
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)		Municipalidad de San Martín Jilotepeque (Identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)					
<b>1.4. Información de contacto de Profesional de apoyo</b>							
Si para consignar la información en este formato fue apoyado por un profesional, anote la siguiente información:							
Nombre		Profesión					
Teléfono		Correo electrónico					
No. de Licencia de Consultor (Si aplica)							
<b>1.5. Fases de desarrollo del Proyecto</b>							
Fase de construcción		Fase de operación			Fase de abandono		
¿Aplica? Si/No	Si	¿Aplica? Si/No	Si	¿Aplica? Si/No	Si		
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:							
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>							
Realizar una breve descripción del Proyecto, mencionando las fases que abarcará (construcción, operación y/o abandono), así como las actividades más relevantes de cada fase. Tomar como referencia los planos de distribución del Proyecto.							
Sistema de abastecimiento de agua potable para las poblaciones de la aldea Chijocón, diseñado a 20 años de servicio, debido a la topografía del proyecto, se dividió el proyecto, en dos considerables tramos. se iniciará con la construcción de la línea de conducción, la construcción de 2 tanques de almacenamiento para los distintos tramos de distribución, realizando así los planos destinados para su respectiva construcción, el presupuesto y su respectivo análisis económico para la municipalidad.							
Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.							
<b>Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos; o grados decimales)</b>							
Latitud		14.80037439712383					
Longitud		-90.72780231528535					
<b>2.1. Área de Influencia Indirecta del Proyecto</b>							
Describir detalladamente las características más importantes cercanas al Proyecto (viviendas, barrancos, cuerpos de agua, hospitales, iglesias, centros educativos, centros culturales, áreas protegidas, etc.)							
<b>Dirección</b>	<b>Descripción del entorno</b>					<b>Distancia (metros)</b>	
Norte	Viviendas					200	
Sur	Viviendas, escuela pública rural					450	
Este	Viviendas, iglesia evangélica					750	
Oeste	Viviendas, iglesia evangelica					350	
<b>2.2. Área de Influencia Directa del Proyecto</b>							

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

www.marn.gob.gt Síguenos en:    

Continuación de anexo 1.

<ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso de refrigerantes, agroquímicos o aceites dieléctricos a utilizar, especificar tipo y considerar el Convenio de Estocolmo, Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali, Convenio de Basilea, ratificados y vigentes, entre otros que aplique. Remitirse al Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.</li> <li>Por uso o almacenamiento de hidrocarburos, ver requisito 10.</li> </ul>							
Agua	<b>Forma de suministro</b>	<b>Si/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>	
	Servicio municipal						
	Servicio privado						
	Pozo manual						
	Pozo mecánico						
	Superficial Otro						
Combustibles	<b>Tipo</b>	<b>Si/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>	
	Gasolina						
	Diésel						
	Bunker						
	GLP Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Energía eléctrica	<b>Forma de suministro</b>	<b>Si/No</b>	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Proveedor</b>	
	Público						
	Privado Propio						
Equipo eléctrico	<b>Tipo</b>	<b>Si/No</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>		<b>Forma de mantenimiento y proveedor</b>		
	Transformadores						
	Condensadores						
	Capacitores						
	Inductores eléctricos						
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico						
	<b>En caso afirmativo indicar lo siguiente:</b>						
	Usuario (correo electrónico) registrado en el Sistema de Información de PCB:						
	Número de equipos con aceite dieléctrico en la institución:						
	Número de equipos clasificados como:			Sospechoso de PCB:			
Bajo Nivel de PCB:							
Contaminado con PCB (mayor a 50 ppm de PCB):							
Otros	<b>Tipo</b> Especificar:	<b>Consumo (mensual)</b>	<b>Forma de almacenamiento</b>	<b>Uso y medidas de seguridad</b>	<b>Proveedor</b>		
Refrigerantes (para A/C u otro sistema de enfriamiento)							
Agroquímicos y fertilizantes (COP's, organofosforados,							

Continuación de anexo 1.

fertilizantes nitrogenados, etc.)					
Baterías de Ácido Plomo y Litio					
Otros gases (hospitalarios, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , etc.)					
<b>3. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>					
<b>3.1. Gases y material particulado</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, producirán gases o partículas (Ejemplo: polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, ¿etc.) que se dispersarán en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generarán.</p> <p>Polvo al momento de realizar la excavación de zanja.</p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p>Se puede humedecer la tierra que esté muy seca, para que no se dispersen las partículas en el aire.</p>					
<b>3.2. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes) * Consignar únicamente cuando corresponde</b>					
<p>¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, producirán radiaciones de tipo ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.</p>					
<p>¿Qué se hace o se hará para controlar las radiaciones ionizantes o no ionizantes para que no impacten el vecindario o a los trabajadores?</p>					
<b>3.3. Ruidos y vibraciones</b>					
<p>Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto ¿producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (ejemplo: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p>					
<p>¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p>					
<b>3.4. Olores</b>					
<p>Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, ¿generan olores? Explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores.</p>					
<p>Explicar qué se hace o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente.</p>					
<b>4. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>					
<b>4.1. Aguas residuales</b>					
<p>Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos" y sus Reformas.</p>					
<b>Fase de construcción</b>					

Continuación de anexo 1.



¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.	<input checked="" type="checkbox"/> X Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input checked="" type="checkbox"/> X Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse. Para limpieza de equipos, el agua muy sucia se guardará en recipientes herméticos y se trasladará a lugares adecuados.	
<b>Fase de operación</b>	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.	<input checked="" type="checkbox"/> X Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input type="checkbox"/> Otro
Indicar caudal de agua residual a generarse (de tipo ordinario y/o especial). Solo se realizará al momento de realizar limpieza de tanques	
Indicar el o los lugar (es) de descarga(s) de las aguas residuales a generarse (alcantarillado sanitario, cuerpo receptor). Adjuntar en un mapa o croquis, el o los lugares de descarga como Anexo. El agua residual de mantenimiento será haga que se origina de la limpieza de tanques.	
Según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y por las características del Proyecto, ¿es necesario implementar sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta. NO	
<b>Sistema de tratamiento de aguas residuales</b>	
Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales previo a su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).	
<b>4.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)</b>	
¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías, que impidan la infiltración natural del agua de lluvia durante todas las fases del proyecto? NO	
Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunetas, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
<b>5. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
<b>5.1. Cambio de Uso del suelo</b>	
Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo? No	
¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del Proyecto?	
<b>5.2. Geomorfología</b>	
¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad. Solo zanjeo de paso de tubería, sin embargo se rellenará con la misma tierra	
<b>5.3. Calidad del suelo</b>	
<b>Residuos y desechos comunes:</b> Aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana	

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

www.marn.gob.gt Síguenos en:

Continuación de anexo 1.

o al ambiente; por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes, u otras de similar riesgo.

**Residuos y desechos peligrosos.** Entiéndase los peligrosos aquellos que poseen al menos una de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infecciosos. Incluye los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos –RAEE. Pueden ser luminarias (lámparas), solventes, baterías (cadmio, ácido plomo, litio, etc.), desechos hospitalarios, etc.

**Residuos y desechos de manejo especial:** Aquellos que, aunque no posean las características de los residuos y desechos peligrosos, requieren de un manejo específico, en virtud de su tamaño, volumen, complejidad o potencial de riesgo de algunos de sus componentes.

**Generación de residuos y desechos sólidos comunes.**  
Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.

<input type="checkbox"/>	Hasta 5 kg/día
<input type="checkbox"/>	De 5 a 20 kg/día
<input type="checkbox"/>	De 20 a 100 kg/día
<input type="checkbox"/>	Mayor a 100 kg/día

Determinar la cantidad de residuos y desechos a generar (en kg/día), según tipo de clasificación (ejemplo: orgánico e inorgánico). Considerar los lineamientos estipulados en el Acuerdo Ministerial 7-2019 "Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes".

Fase de construcción	Fase de operación

Describir acciones de reducción, reúso y clasificación para valorización. Considerar los lineamientos estipulados en el Acuerdo Ministerial 6-2019 "Guía para la identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes".

Fase de construcción	Fase de operación

Describir el manejo de los residuos y desechos sólidos a generar, tales como el acopio, almacenamiento, extracción, tratamiento y/o disposición final.

Fase de construcción	Fase de operación

---

**Generación de residuos y desechos peligrosos.**  
Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.

<input type="checkbox"/>	Hasta 0.5 kg/mes
<input type="checkbox"/>	De 0.5 a 5 kg/mes
<input type="checkbox"/>	De 5 a 50 kg/mes
<input type="checkbox"/>	Mayor a 50 kg/mes

Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos peligrosos dentro del proyecto.

Fase de construcción	Fase de operación

Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos peligrosos.

Fase de construcción	Fase de operación

Indicar las medidas a adoptar para la correcta gestión de equipos con aceite dieléctrico a fin de prevenir la contaminación con PCB, indicando la actividad a realizar y plazos de estas:

• Compra de equipos con aceite dieléctrico:	
• Inventario de equipos:	
• Análisis químico y etiquetado:	
• Operación y mantenimiento:	
• Almacenamiento Temporal:	
• Disposición final:	

**Generación de residuos y desechos de manejo especial.**

Continuación de anexo 1.



<p>Marcar con una X la cantidad de residuos y desechos a generarse.</p>	
<p>Explicar el manejo interno y el acopio de los residuos y desechos de manejo especial dentro del proyecto.</p>	
Fase de construcción	Fase de operación
<p>Indique forma de tratamiento y/o disposición final de los residuos y desechos de manejo especial.</p>	
Fase de construcción	Fase de operación
<b>6. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	
<p>¿En el sitio donde se ubica el proyecto, existen bosques, animales u otros? Especificar la información.</p>	
<p>¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.</p>	
<p>El paso de la tubería es por área de sembradíos, y terrenos valdíos</p>	
<p>Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.</p>	
<p>No, debido que el paso de la tubería es por áreas de cultivos.</p>	
<p>En caso existan impactos al elemento biótico, proponer las medidas de mitigación para reducir, minimizar, remediar o compensar los impactos.</p>	
<p></p>	
<b>7. IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS</b>	
<b>7.1. Elementos Socioeconómicos y Culturales</b>	
<p>En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿existe alguna(s) etnia(s) predominantes? Indicar cuál.</p>	
<p>Etnia indígena</p>	
<p>¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.</p>	
<p>No, debido que están de acuerdo con la ejecución del proyecto.</p>	
<p>¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad de unidades y lugar de estacionamiento.</p>	
<p>No, no amerita el uso de vehículos.</p>	
<p>¿Qué medidas se hacen o se proponen realizar para no afectar al vecindario?</p>	
<p></p>	
<p>En el área del proyecto o sus alrededores, ¿existe algún vestigio paleontológico o arqueológico? Explique de qué trata, dónde está ubicado, y a qué distancia de donde se propone el proyecto. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.</p>	
<p></p>	
<b>7.2. Elementos Estéticos</b>	
<p>En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.</p>	
<p>No, el proyecto se realizará en área rural, proporcionada paralelo a la carretera en su mayoría</p>	
<p>Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. ver requisito 10.</p>	
<p>No es área protegida.</p>	

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

www.marn.gob.gt Síguenos en:    

Continuación de anexo 1.

¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la implementación del proyecto?				
El relleno se realizará con el mismo material orgánico del sitio.				
<b>8. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>				
De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para realizar los distintos trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).				
<b>9. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y LEGAL</b>				
No.	Requisitos	Si	No	Observaciones MARN
9.1	Formato de "INSTRUMENTOS AMBIENTALES CATEGORÍA C" completo. Planos legibles (únicamente tamaño carta, oficio o doble carta)	X		
9.2	2.1. Plano de localización a escala visible			
	2.2. Plano de distribución arquitectónica.			
	2.3. Plano de curvas de nivel naturales y modificadas. <sup>1</sup>			
	2.4. Plano de instalaciones hidráulicas (agua potable). <sup>2</sup>			
	2.5. Plano de instalaciones hidráulicas (agua pluvial). <sup>2</sup>			
	2.6. Plano de instalaciones sanitarias (agua residual). <sup>2</sup>			
	2.7. Plano de detalles del sistema de tratamiento de las aguas residuales. <sup>2</sup>			
9.3	Si el proyecto se encuentra dentro de un complejo regulado ambientalmente indicar número de expediente y resolución ambiental aprobatoria y/o licencia ambiental vigente.			
9.4	Fotocopia completa del DPI o pasaporte del proponente o su Representante Legal. (Legible, no fotografía).			
Personería (fotocopias):				
9.5	6.1. Fotocopia del nombramiento del Representante Legal con su registro respectivo.			
	6.2. Fotocopia de Acta de toma de posesión (si aplica).			
	6.3. Fotocopia de Acuerdo emitido por el Tribunal Supremo Electoral (si aplica).			
	6.4. Fotocopia del mandato con su inscripción del registro respectivo.			
9.6	Documento de derecho sobre el predio: se aceptará únicamente (según sea el caso):  a) Fotocopia simple completa del documento que acredita el derecho sobre el predio a favor del proponente: ✓ Certificación del Registro General de la Propiedad (vigencia no mayor a 6 meses). ✓ Certificación de nomenclatura emitida por la Municipalidad (vigencia no mayor a 6 meses).  b) Fotocopia simple del documento legal que aplique a su proyecto completo y vigente, con dirección exacta registrada en el instrumento ambiental presentado.  Si la Empresa o el interesado no es propietario del terreno donde se desarrollará el proyecto:  ✓ Contrato de Arrendamiento o Subarrendamiento. ✓ Contrato de Compra Venta o Promesa de Compra Venta. ✓ Contrato de derechos posesorios.  Para los inmuebles del Estado debe incluirse el documento legal que aplique:			

<sup>1</sup> Cuando existan movimientos de tierra: excavaciones, cortes, rellenos, nivelaciones, etc.

<sup>2</sup> Cuando aplique al proyecto y consignar la justificación en el formato descrito en el inciso 1.

Continuación de anexo 1.



	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Certificación del Registro General de la Propiedad.</li> <li>✓ Testimonio de la Escritura Pública de la Donación del bien inmueble.</li> <li>✓ Certificación del punto de acta donde conste la donación del bien inmueble.</li> </ul> <p>Si carece de cualquiera de los anteriores documentos, deberán de presentar el testimonio de escritura pública donde se les otorgan los derechos posesorios del (los) inmueble (s) a nombre del Proponente.</p> <p>En caso no cuente con la documentación anterior, deberá hacer la consulta por escrito a la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales indicando el documento con el que cuente que pruebe la propiedad, posesión y/o uso del inmueble donde se desarrolla o desarrollará el proyecto, obra, industria o actividad, para su validación previo al ingreso del instrumento ambiental.</p>			
9.7	Fotocopia de las Patentes que apliquen: Patente de Sociedad, de comercio/sucursal.			
9.8	Constancia de RTU con respectivo carné vigente (impresión dúplex).			
9.9	Fotocopia de licencias, contratos, certificaciones, resoluciones, oficios, providencias, permisos o dictámenes de MEM, CONAP, INAB, IDAEH, MSPAS, Gobernación, u otros cuando aplique. En el caso de documentación que haya sido generada por el MARN indicar el número de licencia, resoluciones, oficios, providencia, dictamen para ser ubicados en los registros internos.			
9.10	Fotocopia de la Ficha de Registro del proyecto en el Sistema de Nacional de Inversión Pública –SNIP. Aplica únicamente a proyectos, obras, industrias o actividades de inversión pública con recursos del Estado; si no se cuenta con el mismo al momento de la presentación del instrumento ambiental, se establecerá como un compromiso. Si los recursos son propios de la entidad quedará exento de su presentación, mas no con la obligación de su obtención.			
9.11	Adjuntar fotografías recientes del sitio, terreno, y/o de instalaciones interiores y/o exteriores del proyecto.			
9.12	El instrumento ambiental debidamente foliado de adelante hacia atrás y únicamente en el anverso de las hojas, en la esquina superior derecha, con números arábigos enteros (no alfanumérico), de forma consecutiva, sin tachones, enmendaduras, sin corrector o cualquier otro medio que cubra o altere la numeración. La información debe estar ordenada, estructurada y dividida acorde a los requisitos establecidos por este Ministerio. <b>La foliación deberá iniciar con el formulario de Instrumentos Ambientales (debidamente llenado), planos, documentos legales y anexos.</b>			
9.13	<p>Escanear el documento completo, en orden de foliación, creando 1 solo archivo en PDF, presentándolos de la siguiente manera:</p> <p>a) Para proyectos que se ingresen en el mismo departamento en donde están ubicados, grabar los archivos en dos (2) CD y adjuntarlos al expediente.</p> <p>b) Para proyectos que se ubiquen fuera del departamento de Guatemala, pero que se ingresen en el MARN Central, grabar los archivos en tres (3) CD y adjuntarlos al expediente.</p>			
<p>Yo _____ el infrascrito proponente, declaro:  <b>(Nombre del Proponente o Representante Legal)</b></p> <p>a) Que he leído y comprendido los requerimientos técnicos y legales que implican la presente solicitud.</p> <p>b) Que los datos contenidos en este formulario y los anexos, son verdaderos y que conozco la pena correspondiente al delito de perjurio, falsedad ideológica y material, por lo tanto, someto ante la autoridad ambiental la presente solicitud, renunciando al fuero de mi domicilio y sujetándome a los tribunales que la autoridad ambiental elija.</p>				

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

www.marn.gob.gt Síguenos en:

Nota. Formulario INSTRUMENTOS AMBIENTALES CATEGORÍA C. Obtenida del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2023). Formulario de instrumentos Ambientales. (<https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-ambiente/digarn/ventanilla-ambiental-2/>) consultado el 8 de mayo de 2023.

## Anexo 2.

### Informe de análisis fisicoquímico.



LABORATORIO AUTORIZADO POR EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
LICENCIA SANITARIA D.G.R.V.C.S. D.R.C.P.F.A. No. 1-S-LAB 955-2020  
LICENCIA AMBIENTAL No. 7479-2022 / D.I.G.A.R.N

### Informe de Análisis Fisicoquímico de Agua

Empresa / Cliente:				Código	H51
MUNICIPALIDAD SAN MARTIN JILOTEPEQUE				Registro Hidroagua:	44423-AF9
Dirección: SAN MARTIN JILOTEPEQUE				Tipo de Muestra:	Agua Pozo
Procedencia:	Aldea Chicajon	Pozo Mecánico	Captación - Fecha y Hora:	29/06/2023	5:00:00 a. m.
Muestra por:	Ciente	Punto de Muestreo:	Resepción - Fecha y Hora:	29/06/2023	11:35:00 a. m.
Volumen Muestra:	1 litro	Tipo de Envase:	Plástico	Inicio del Análisis:	29/06/2023
Contacto:	Mario Galica	Fecha Informe:	7/07/2023		

Parámetro	Unidad de Medida	Resultados	Norma Guatemalteca COGUANOR 27 001 para Agua Potable		Método de Análisis
			Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible	
pH	Unidades de pH	7.81	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	SI/EVWV 4500-H <sup>1</sup>
Conductividad Eléctrica	µSiemens/cm	264	750	1500	Electroquímico
Salinidad	g/L	0.05	---	---	HVAH 10073 <sup>2</sup>
Temperatura	°C	No Registrada	15 - 25°C	34°C	SI/EVWV 2550-B
Color	Unidades Pt-Co	39	5	35	HVAH 8025
Olor / Sabor	Sensorial	No Rechazable	No Rechazable	No Rechazable	Organoléptico
Apariencia	Visual	Clara Amarillenta	---	---	SI/EVWV 2010
Turbiedad	UNT	2.40	5	15	HVAH 8237
Claro Residual	mg/L	0.0	0.5	1	HVAH 10069
Hierro Total	mg/L	0.15	0.3	---	SI/EVWV 3500 Fe D
Manganeso	mg/L	0.034	0.1	0.4	HVAH 8034
Nitritos	mg/L	0.021	-	3.0	HVAH 8507
Sulfatos	mg/L	8	100	250	HVAH 8051
Nitratos	mg/L	3.4	---	50.0	HVAH 8039
Fosfatos	mg/L	0.28	---	---	HVAH 8048
Flúor	mg/L	0.07	---	1.50	HVAH 8029
Silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/L	50	---	---	HVAH 8185
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	mg/L	94	100	500	SI/EVWV 2340 C
Dureza de Calcio como CaCO <sub>3</sub>	mg/L	67	---	---	SI/EVWV 3500 Ca D
Calcio [Ca]	mg/L	26.82	75	150	SI/EVWV 3500 Ca D
Dureza de Magnesio como CaCO <sub>3</sub>	mg/L	27	---	---	SI/EVWV 3500 Mg E
Magnesio [Mg]	mg/L	6.55	50	100	SI/EVWV 3500 Mg E
Cloruros	mg/L	15	100	250	HVAH 8206
Alcalinidad Total	mg/L	126	---	---	HVAH 8204
Alcalinidad por Carbonatos	mg/L	0	---	---	HVAH 8204
Alcalinidad por Hidróxidos	mg/L	0	---	---	HVAH 8204
Alcalinidad por Bicarbonatos	mg/L	126	---	---	HVAH 8204
Total Sólidos Disueltos (TDS)	mg/L	132	500	1000	Electroquímico

1: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition, 2012, USA  
µSiemens/cm = 1 litro Siemens por Centímetro  
Pt-Co = Platino Cobalto  
CaCO<sub>3</sub> = Carbonato de Calcio

mg/L = miligramos por Litro  
--- : No especificado en la Norma

2: Hach Water Analysis Handbook  
°C = Grados Centígrados  
UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad

  
José García

  
Químico Farmacéutico  
Javier Crespo Santos  
Colegiado 624  
Director Técnico

#### CC/ARCHIVO

Notas:  
"Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada."  
"Este informe sólo puede ser reproducido en su forma total y con aprobación del laboratorio."

17 Calle 33-98, zona 7 Villa Linda II - Teléfonos: 2435 0167 / 2434 9879  
contacto@hidroagua.com

**Nota.** Resultado de los exámenes realizados a una muestra inalterada del pozo mecánico utilizado como fuente de agua del proyecto.

### Anexo 3.

### Informe de análisis microbiológico.



LABORATORIO AUTORIZADO POR EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
 LICENCIA SANITARIA D.G.R.V.C.S. D.R.C.P.F.A. No. L-S-LAB 955-2020  
 LICENCIA AMBIENTAL No. 7479-2022 / D.I.G.A.R.N

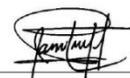
### Informe de Análisis Microbiológico de Agua

Empresa / Cliente:		MUNICIPALIDAD SAN MARTIN JILOTEPEQUE		Código	H51
Dirección:		SAN MARTIN JILOTEPEQUE		Registro Hidroaqua:	45923-AMB
Procedencia:		Aldea Chicajon		Tipo de Muestra:	Agua Pozo
Muestra por:	Ciudad	Punto de Muestreo:	Pozo Mecánico	Captación - Fecha y Hora:	29/04/2023 5:00:00 a. m.
Volumen Muestra:	1 litro	Tipo de Envase:	Plástico	Recepción - Fecha y Hora:	29/04/2023 11:35:00 a. m.
Contacto:	Mario Galicia	Inicio del Análisis:		29/04/2023	
				Fecha Informe:	5/07/2023

Parámetro	Unidad de Medida	Resultados	Norma Guatemalteca COGUANOR NTG 29 001 Agua para consumo humano, Agua Potable	Método de Análisis
			Límite Máximo Permisible	
Coliformes Totales	NMP/100mL	No detectable en 100 mL	No detectable en 100 mL	APHA SM/EWW <sup>1</sup> , RCE <sup>2</sup> Método 9221
Coliformes Fecales	NMP/100mL	No detectable en 100 mL	No Refiere	
Escherichia coli	NMP/100mL	No detectable en 100 mL	No detectable en 100mL	

1: American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition, 2012, USA 2: Recuento de Coliformes y E.Coli Método 9221  
 NMP/100mL = Número más probable en 100 mL

  
 Lic. Julia Ezequiel Say  
 Supervisor de Laboratorio

  
 Químico Farmacéutico  
 Javier Crespo Santos  
 Colegiado 624  
 Director Técnico

**Comentario:** La muestra analizada **CUMPLE** con los requerimientos bacteriológicos de la norma sanitaria correspondiente.

CC/ARCHIVO DOCUMENTO DIGITAL

Notas:  
 "Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada."  
 "Este informe sólo puede ser reproducido en su forma total y con aprobación del laboratorio."

17 Calle 33-98, zona 7 Villa Linda II - Teléfonos: 2435 0167 / 2434 9879  
 contacto@hidroaqua.com

**Nota.** Resultado de los exámenes realizados a una muestra inalterada del pozo mecánico utilizado como fuente de agua del proyecto.