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

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ

Juan Alfredo Bernal De León
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN ALFREDO BERNAL DE LEÓN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

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. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 10 de agosto de 2021.

Juan Alfredo Bernal De León

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 13 de septiembre de 2023
REF.EPS.DOC.372.09.2023

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 **Juan Alfredo Bernal De León, CUI 2230 54682 0101** y **Registro Académico 201213497** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ.**

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"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
JMC/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 10 de octubre de 2023
REF.EPS.D.324.09.2023

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 DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ,** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Alfredo Bernal De León, CUI 2230 54682 0101 y Registro Académico 201213497,** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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"

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra

Guatemala, 23 de septiembre 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 DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ",** del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil**, JUAN ALFREDO BERNAL DE LEÓN, Registro Académico: 201213497,** quien contó con la asesoría del **ING. JUAN MERCK COS**.

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.04.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 DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ**, presentado por: **Juan Alfredo Bernal De León** , 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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, febrero de 2024

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.044.2024

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 DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS ALDEAS TIERRA COLORADA Y SAN SIGUÁN 1, SANTA MARÍA CUNÉN, QUICHÉ,** presentado por: **Juan Alfredo Bernal De León,** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme vida, salud y fuerza para llegar a cumplir una de mis metas, ya que eres quien estuvo conmigo en los momentos más felices y me diste tu mano en los momentos difíciles. Tu compañía siempre estuvo presente para consolarme y tu mano para guiarme. Porque te vi siempre reflejado en las personas que permitiste que me acompañar hasta este momento.
Mis padres	Por su apoyo incondicional brindado toda mi vida. Gracias por siempre creer en mí y estar siempre a mi lado alentándome y aconsejándome.
Mi hermano	César Bernal (q. e. p. d.), por motivarme a seguir adelante y confiar en mi cuando todo era cuesta abajo, por el ejemplo de superación y valentía.
Ing. Juan Merck Cos	Por haberme brindado su apoyo, confianza. Le agradezco por la asesoría, revisión y corrección de este trabajo de graduación.

Amigos	Por su apoyo y compañerismo brindado durante todo el proceso que conllevó llegar hasta este momento.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de haber recibido una formación académica profesional.
Universidad de San Carlos de Guatemala	A mi *alma máter* por permitirme ser parte de tan prestigiosa casa de estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis abuelos	Felipe Bernal, María Guzmán, Pedro De León y María Bernal (q. e. p. d), por ser parte fundamental en mi vida.
Mis papás	Virgilio Bernal, María De León, por ser el pilar fundamental en mis decisiones y brindarme siempre su amor incondicional.
Mis hermanos y sus esposas	Nemesio, Pedro, Virgilio, Domingo, Kimberly y César Bernal (q. e. p. d.). Dyana Tipaz, Julia Chel, Mariela López, por brindarme su apoyo incondicional y alentarme a seguir adelante.
Mi esposa	Carolina Hernández, por alentarme y brindarme su amor incondicional.
Mi hijo	César Bernal, por ser mi motivación y el motor que me alienta a seguir adelante, porque eres el reflejo de amor puro.
Mis sobrinos	María Fernanda, Virgilio Gerónimo, José Daniel y Bryan Bernal, por brindarme alegría con su inocencia.

Mis tíos	Pedro Onofre, Cecilia y Marina Bernal, Jacinta Santiago y Gabriel Pérez, por sus consejos y su apoyo incondicional.
Mis primos	Wendy Bernal, Rosmery De León, Brandon Pérez, Eugenia Santiago.
Municipalidad de Cunén, Quiché	Por brindarme el apoyo en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES VII
LISTA DE SÍMBOLOS IX
GLOSARIO XI
RESUMEN XIII
OBJETIVOS XV
INTRODUCCIÓN XVII

1. FASE DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. Investigación monográfica 1
1.1.1. Aspectos generales 1
1.1.2. Antecedentes históricos 1
1.1.3. Localización 2
1.1.4. Situación demográfica 3
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas 3
1.1.6. Extensión 4
1.1.7. Límites 4
1.1.8. Clima 5
1.1.9. Vías de acceso 6
1.1.10. Servicios públicos 6
1.1.11. Comercio 6
1.1.12. Turismo 7
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura de las aledas Tierra Colorada y San Siguán I municipio de Santa María Cunén 8

1.2.1. Descripción de las necesidades 8
1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades 9

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL 11
2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tierra Colorada, Santa María Cunén, Quiche 11
2.1.1. Descripción del proyecto 11
2.1.1.1. Visita preliminar 11
2.1.2. Fuentes de agua 12
2.1.2.1. Aforo de la fuente 12
2.1.3. Calidad del agua 12
2.1.3.1. Examen bacteriológico 12
2.1.4. Levantamiento topográfico 13
2.1.4.1. Levantamiento planimétrico 13
2.1.4.2. Levantamiento altimétrico 13
2.1.5. Bases para diseño hidráulico 14
2.1.5.1. Periodo de diseño 14
2.1.5.2. Crecimiento poblacional 14
2.1.5.2.1. Método geométrico 14
2.1.5.3. Dotación 15
2.1.6. Factores de consumo y caudales de diseño 15
2.1.6.1. Consumo medio diario 16
2.1.6.2. Consumo máximo diario 16
2.1.6.3. Consumo máximo horario 17
2.1.6.4. Caudal de bombeo 17
2.1.7. Diseño hidráulico de los componentes 18
2.1.7.1. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería 18

2.1.7.2. Clases y presiones de trabajo de tuberías 19
2.1.7.3. Velocidades y presiones máximas y mínimas 19
2.1.7.4. Diseño de la captación 21
2.1.7.5. Tanque de succión 21
2.1.7.6. Línea de impulsión 22
2.1.7.6.1. Carga dinámica total 24
2.1.7.7. Diseño de equipo de bombeo 28
2.1.7.7.1. Sobre presión por golpe de ariete 28
2.1.7.7.2. Potencia de la bomba ... 30
2.1.7.7.3. Especificación del equipo de bombeo 31
2.1.7.7.4. Caseta de bombeo..... 31
2.1.7.8. Tanque de distribución 32
2.1.7.8.1. Diseño estructural tanque de distribución... 32
2.1.7.8.2. Diseño del muro de gravedad 33
2.1.7.8.3. Diseño de la losa del tanque 37
2.1.7.9. Sistema de desinfección 42
2.1.7.10. Red de distribución..... 43
2.1.7.10.1. Caudal por vivienda (Qv) 44
2.1.7.10.2. Caudal de consumo por ramal (Qd)..... 44

2.1.7.10.3. Diseño del tramo No. 1 (E-111 A E-220) 44
2.1.7.10.4. Conexiones prediales ... 49
2.1.7.10.5. Obras hidráulicas 49
2.1.7.10.6. Válvulas de control 49
2.1.7.10.7. Válvulas de cheque horizontal 49
2.1.7.10.8. Elaboración de planos 50
2.1.7.10.9. Elaboración de presupuesto 50
2.1.7.10.10. Propuesta de tarifa 51
2.2. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San Siguán 1, Santa María Cunén, Quiche 52
2.2.1. Descripción del proyecto 52
2.2.1.1. Vista preliminar 52
2.2.2. Fuentes de agua 53
2.2.2.1. Aforo de la fuente 53
2.2.3. Calidad del agua 53
2.2.3.1. Examen bacteriológico 53
2.2.4. Levantamiento topográfico 54
2.2.5. Bases para diseño hidráulico 54
2.2.5.1. Periodo de diseño 54
2.2.5.2. Crecimiento poblacional 54
2.2.5.2.1. Método geométrico 55
2.2.5.3. Dotación 55
2.2.6. Factores de consumo y caudales de diseño 55
2.2.6.1. Consumo medio diario 56
2.2.6.2. Consumo máximo diario 56

2.2.6.3. Consumo máximo horario 56
2.2.6.4. Caudal de bombeo 57
2.2.7. Diseño hidráulico de los componentes 57
2.2.7.1. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería 57
2.2.7.2. Clases y presiones de trabajo de tuberías 58
2.2.7.3. Velocidades y presiones máximas y mínimas 58
2.2.7.4. Diseño de la captación 60
2.2.7.5. Tanque de succión 60
2.2.7.6. Línea de impulsión 61
2.2.7.6.1. Carga dinámica total 62
2.2.7.7. Diseño de equipo de bombeo 66
2.2.7.7.1. Sobre presión por golpe de ariete 66
2.2.7.7.2. Potencia de la bomba 68
2.2.7.7.3. Especificación del equipo de bombeo 68
2.2.7.7.4. Caseta de bombeo 69
2.2.7.8. Tanque de distribución 69
2.2.7.8.1. Diseño estructural tanque de distribución 70
2.2.7.8.2. Diseño del muro de gravedad 70
2.2.7.8.3. Diseño de la losa del tanque 74
2.2.7.9. Sistema de desinfección 79
2.2.7.10. Red de distribución 80

2.2.7.10.1. Caudal por vivienda (Qv) 80
2.2.7.10.2. Caudal de consumo por ramal (Qd) 80
2.2.7.10.3. Diseño del tramo No1 (E20 A E21) 81
2.2.7.10.4. Conexiones prediales ... 84
2.2.7.10.5. Obras hidráulicas 85
2.2.7.10.6. Válvulas de control 85
2.2.7.10.7. Válvulas de cheque horizontal 85
2.2.7.10.8. Elaboración de planos 85
2.2.7.10.9. Elaboración de presupuesto 86
2.2.7.10.10. Propuesta de tarifa 87

CONLUSIONES..... 89
RECOMENDACIONES 91
REFERENCIAS 93
APÉNDICES 95
ANEXO..... 109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro 33
Figura 2. Dimensiones del tanque de distribución 38
Figura 3. Diagrama de momento último en losa 40
Figura 4. Dimensiones del tanque de distribución 75
Figura 5. Diagrama de momento último en losa 77

TABLAS

Tabla 1. Micro regiones, Cunén, Quiche..... 2
Tabla 2. Distribución de población por sexo, área demográfica y grupo étnico 3
Tabla 3. Extensión territorial Cunén, Quiche 4
Tabla 4. Bases generales de diseño..... 20
Tabla 5. Resumen carga dinámica total..... 26
Tabla 6. Costo mensual de bombeo 28
Tabla 7. Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro... 35
Tabla 8. Tabla resumen de momentos método 3 ACI 39
Tabla 9. Tabla resumen de armado de losa 42
Tabla 10. Tubería de PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26..... 46
Tabla 11. Resumen diseño red de distribución..... 48
Tabla 12. Resumen de renglones 50
Tabla 13. Propuesta de tarifa..... 51
Tabla 14. Bases generales de diseño..... 59

Tabla 15. Resumen carga dinámica total 64
Tabla 16. Costo mensual de bombeo 66
Tabla 17. Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro .. 72
Tabla 18. Cuadro resumen de momentos Método 3 ACI 76
Tabla 19. Cuadro resumen de armado de losa 79
Tabla 20. Tubería de PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26..... 83
Tabla 21. Resumen diseño red de distribución..... 84
Tabla 22. Resumen de renglones aldea San Siguan 1, Cunén, Quiche..... 86
Tabla 23. Propuesta de tarifa..... 87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada cierta distancia
$\mathbf{A_s}$	Área de acero
$\mathbf{A_{SMAX}}$	Área de acero máxima
$\mathbf{A_{SMIN}}$	Área de acero mínima
B	Base
$\mathbf{C_M}$	Carga muerta
$\mathbf{C_V}$	Carga viva
$\mathbf{Q_B}$	Caudal de bombeo
$\mathbf{Q_i}$	Caudal instantáneo
$\mathbf{Q_m}$	Caudal máximo horario
$\mathbf{Q_{md}}$	Caudal medio diario
n	Coeficiente de rugosidad
CT	Cota piezométrica
ρ	Cuantilla de acero
S	Espaciamiento
e	Excentricidad
Fqm	Factor de caudal medio
Kg/cm2	Kilogramos por cada centímetro cuadrado
Psi	Libras sobre pulgada cuadrada
l/s	Litros por segundo
m.c.a.	Metros columna de agua
m/s	Metros sobre segundo
$\mathbf{M_V}$	Momento de volteo

$\mathbf{M_{CM}}$	Momento debido a la carga muerta
$\mathbf{M_{CV}}$	Momento debido a la carga viva
$\mathbf{M_u}$	Momento último
d	Peralte efectivo
Hf	Pérdida de carga
Tb	Periodo de bombeo
Pf	Población final
Po	Población inicial
POT	Potencia
f´c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero
SP	Sobre presión

GLOSARIO

Aforo Es el procedimiento de medición de volumen de agua superficial o subterránea, en una unidad de tiempo definido.

Agua potable Agua apta para el consumo humano.

Altimetría Procedimiento por el cual se obtienen la diferencia de alturas y el análisis de puntos que representan el relieve de una superficie.

Bases de diseño Conjunto de criterios técnicos explícitos para el diseño del proyecto.

Bombeo Acción de elevar y trasportar agua de un punto bajo a un punto elevado.

Captación Estructura que garantiza la reducción de contaminación de la fuente, evitando la entrada de elementos flotantes y organismos indeseables en el sistema.

Caudal Volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado.

CDT	Carga dinámica total.
Conexión predial	Es la forma en la que se prestara el servicio de abastecimiento de agua potable, a base de un grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote.
Cota de terreno	Altura de terreno con referenciado a un nivel determinado.
Cota piezométrica	Es la cota resultante de la adición de la cota de terreno y la presión hidrodinámica.
CPT	Cota piezométrica total.
Dotación	Cantidad estimada de agua consumida por un habitante diariamente.
SP	Sobre presión.

RESUMEN

El desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el municipio de Santa María Cunén, Quiché, tiene como objetivo apoyar técnicamente a la comunidad realizando un estudio técnico derivado de las necesidades de este, los proyectos a realizar son sistemas de abastecimiento de agua potable.

En el municipio, se realizaron visitas de campo con autoridades comunitarias y municipales, estableciendo la falta de sistemas de abastecimiento de agua potable en las aldeas Tierra Colorada y San Siguán 1. Lo que provoca que los habitantes de dichas aldeas presenten enfermedades gastrointestinales, desnutrición infantil y subdesarrollo en los habitantes.

Dadas la situación precaria del vital líquido en el lugar, surge la necesidad de realizar un diseño de sistema de agua potable con la finalidad de brindar un buen servicio y mitigar las enfermedades a los habitantes de las aldeas. El diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable, consisten en: realizar una visita de campo preliminar, levantamiento topográfico, aforo de la fuente, análisis de calidad de agua, calculo hidráulico de líneas de conducción y redes de distribución, elaboración de planos y presupuestos.

Por la topografía del lugar el diseño de los sistemas de abastecimiento deberá diseñase desde, su captación, impulsión, almacenaje y distribución. Beneficiando a 83 familias en la aldea San Siguán 1 y 96 familias en la aldea Tierra Colorada, cumpliendo con normas de diseño establecidas en el Guatemala.

OBJETIVOS

General

Diseñar los sistemas de abastecimiento de agua potable para las aldeas Tierra Colorada y San Siguán 1 del municipio de Santa María Cunén, departamento del Quiché.

Específico

1. Realizar una investigación monográfica y diagnóstica de necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura de las aldeas Tierra Colorada y San Siguán 1.

2. Capacitar a los miembros de los COCODE y líderes comunitarios sobre aspectos de operación y mantenimiento de un sistema de agua potable.

3. Concientizar y proponer medidas sanitarias que contribuyan y mejoren la calidad de vida en los habitantes de la comunidad.

4. Proporcionar a la Municipalidad de Cunén, los documentos consistentes en: planos, presupuesto, especificaciones técnicas, entre otros.

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital en la naturaleza, integra los ecosistemas, fundamental para la sostenibilidad de los seres vivos. La importancia del agua parte de los procesos biológicos necesarios para la reproducción de la vida, por lo cual los ríos, lagos, aguas marítimas, costeras y subterráneas se constituyen recursos valiosos y de suma importancia proteger.

Por lo antes mencionado el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, busca bridar apoyo técnico y proponer soluciones a las comunidades que carecen de los servicios básicos, saneamiento e infraestructura; como lo es el abastecimiento de agua potable, alcantarillados sanitarios, acceso vial, salud, educación, entre otros.

El desarrollo integral a las comunidades del país depende directamente del abastecimiento correcto del vital líquido, por lo que el presente trabajo de graduación tiene como objetivo proponer una solución factible para una correcta captación, tratamiento y distribución del agua a las comunidades de Tierra Colorada y San Siguán 1. Dotando de manera eficiente el agua, beneficiando a más de 179 familia. Promoviendo un desarrollo social, económico y saludable para cada habitante de dichas aldeas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Investigación monográfica

A continuación, se presenta los aspectos generales del lugar en donde se realizará el diseño.

1.1.1. Aspectos generales

En 1690 el territorio que hoy ocupa el municipio formaba parte del Corregimiento de Totonicapán. En aquel entonces era administrado por la orden de los Dominicos bajo el nombre de Santa María Magdalena Cunén. En el año de 1769 fue reconocido por la iglesia como un anexo a la parroquia de San Miguel Uspantán, con una población aproximada de 220 habitantes.

1.1.2. Antecedentes históricos

En el año de 1871 bajo el régimen liberal y debido al reordenamiento territorial el municipio de Cunén pasó a ser parte del departamento del Quiché, mediante el decreto No. 72 de fecha 12 de agosto, con el nombre de Santa María Cunén, asentado en la zona donde hoy se conoce como Aldea Los Trigales, siendo esto cambiante derivado de los desastres naturales a los que la comuna está expuesta por su ubicación.

El nombre del municipio tiene como origen etimológico “Ku” y “Ne” que en el idioma K’iche’ significa llanto y niño respectivamente, a lo que los pobladores conocen como lugar de llanto de niño.

1.1.3. Localización

El municipio de Cunén, se encuentra localizado a 250 kilómetros al noroccidente de la ciudad de Guatemala. Está conformado por ocho micro regiones distribuidas en 34 aldeas, 24 caseríos, tres cantones y tres barrios.

Las aldeas Tierra Colorada y San Siguán 1 se encuentran a 83 kilómetros al norte de la cabecera departamental de Santa Cruz de Quiché, según el registro de información catastral (RIC) el parque municipal de Cunén se encuentra localizado GTM longitud 443391.25 y latitud 1696038.64.

Tabla 1.

Micro regiones, Cunén, Quiche

Región	Comunidades
I	Aldea Chiul, Xequiquel, San Antonio, Media Luna, Siguancoj, Tzanabaj, Xejuyup, Aldea paraíso, Batzula, Buena Vista, Pasac, Las Vegas y Paquix.
II	Aldea El Rancho, Xegüinacabaj, Panimanchaj, San Jose, Xecaxlut, Los Planes, El Rancho y Patzite
III	Aldea El Chorro, Cerro Alto, El Pericon I, Ojo de Agua, El Carrizal, Flores Pajales, Chijam I, Pacomanchaj, Pozo Verde y Bellas Flores.
IV	Aldea Chutuj, Rio Lindo, Xemanzana, Xequixtun, Xobor, Chicmak, Las Doncellas, Segundo Centro Doncellas y Trigalitos.
V	Aldea La Hacienda, San Siguan, San Siguan, San Siguan I, Llano Grande, Agua Escondida, La Barranca, Cecilia, San Juan Xeul, Las Canoas, La Union Cecilia, Xebor Cecilia Pachalip y Los Jocotales.
VI	Aldea Xabil, San Luis y Cumatzil
VII	Aldea Los Trigales, Chojox, Barrio San Juan, Barrio San Francisco, Laguna Seca, Las Grutas, Rio Blanco, Santa Clara, Xetzac, Ojo de Agua, Chojox, Barrio Villa Esperanza, Sausucuche y Los Espinales.
VIII	Aldea El Pericon Centro, Tierra Colorada, Las Palmas, La Cienaga, Buena Vista Pericon y Casa Blanca

Nota. Distribución micro regional del municipio de Cunén, Quiché. Obtenido de Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Cunén Quiché y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial (2010). *Plan de Desarrollo Santa María Cunén, Quiché.* (p. 11). SEGEPLAN.

1.1.4. Situación demográfica

La tabla 2 muestra la distribución demográfica del lugar de estudio.

Tabla 2.

Distribución de población por sexo, área demográfica y grupo étnico

Descripción	Censo 2018	
	Población	Porcentaje
Sexo		
Hombres	20,111.0	49.00%
Mujeres	21,344.0	51.00%
Área demográfica		
Urbana	7,903.0	19.00%
Rural	33,552.0	81.00%
Grupo étnico		
Maya	37,619.0	90.70%
Garífuna	14.0	0.03%
Afrodescendiente	86.0	0.21%
Ladina(o)	3,736.0	9.00%

Nota. Población total del municipio de Cunén, Quiché. Obtenido del INE (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII Censo Nacional de Vivienda.* (https://www.censopoblacion.gt/explorador), consultado el 25 de enero de 2023. De dominio público.

1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

La economía del municipio está basada en un gran porcentaje en la agricultura, en el área urbana como en el área rural. Según MAGA (2005), los productos con mayor superficie de cosecha son: maíz amarillo, maíz blanco, frijol negro y trigo son base fundamental de la subsistencia familiar. Por otro lado, parte de la población está organizada en asociaciones de productores, que se dedican

a la actividad agrícola extensiva, fabricación de textiles y exportación de productos como: cebolla, ajo, chile pimiento, ejote, arveja china

Las actividades productivas con más auge en el municipio según INE (2003), son las pecuarias teniendo como principal actividad la crianza de aves de corral como pollos, patos, pavos; como actividad artesanal se pueden mencionar. La fabricación de güipiles, fajas, producción de mermeladas y jaleas, fabricación de galletas, pan de trigo, panela, aceite y té.

1.1.6. Extensión

La tabla 3 muestra la extensión territorial del municipio de Cunén, departamento de Quiche.

Tabla 3.

Extensión territorial Cunén, Quiche

Descripción	Unidad
Extensión (extensión territorial en km cuadrados, valles, montañas y cuerpos de agua en porcentaje)	195.27 kms^2 7.60 % valles y montañas 92.40 %

Nota. Extensión territorial del municipio de Cunén, Quiché. Obtenido de Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Cunén Quiché y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial (2010). *Plan de Desarrollo Santa María Cunén, Quiché.* (p. 11). SEGEPLAN.

1.1.7. Límites

El municipio de Cunén está delimitado por las siguientes colindancias:

- Al oriente con San Miguel Uspantán a 25 kilómetros, al noroccidente con Santa María Nebaj a 19 kilómetros y San Juan Cotzal a 35 kilómetros, al suroriente con Sacapulas a 17 kilómetros y San Andrés Sajcabajá a 34 kilómetros del departamento del Quiché.

- La aldea de San Siguán 1 está delimitada al norte por Segundo Centro Doncellas, al sur con Agua Escondida, al oeste con San Siguán y este con La Ciénega, todas comunidades del municipio de Cunén.

- La aldea de Tierra Colorada está delimitada al norte por La Ciénega, al sur con Agua Escondida, al oeste con Llano Grande y al este con Casa Blanca, todas comunidades del municipio de Cunén.

1.1.8. Clima

El municipio de Cunén se encuentra en la parte noroccidente de Guatemala, en una zona donde la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublado, la temperatura varia de 7 a 26 °C. El municipio se encuentra vulnerable por su ubicación geográfica y la topografía de sus alrededores ya que en época de invierno de los últimos años se han generado diversos desastres naturales derivado de las diferentes tormentas que azotan el país. La estación meteorológica más cercana es La Perla, Chajul. A continuación, se presentan algunos datos del departamento:

- Elevación (msnm) 1827 m
- Temperatura Max. Min. 7-27 °C
- Precipitación en mm 227 mm
- Humedad relativa 88 %
- Velocidad viento 7.5 kph

1.1.9. Vías de acceso

El municipio de Santa María Cunén se encuentra en la parte central del departamento del Quiché, a una distancia de 233 kilómetros la ciudad capital y a 280 kilómetros de Cobán Alta Verapaz. Esta intercomunicado por la carretera asfaltada que conduce desde el municipio de San Miguel Uspantán, Sacapulas y Santa María Nebaj.

A través de la ruta nacional No. 15 se encuentra interconectado con la aldea Los Encuentros (Sololá) carretera Interamericana CA-1, atravesando Chichicastenango, Santa Cruz del Quiche, San Pedro Jocopilas, Sacapulas hasta Cunén. Las aldeas San Siguán 1 y Tierra Colorada por otra parte se intercomunican a través de la ruta nacional 7W, desde el departamento de Alta Verapaz, atravesando Chicamán, San Miguel Uspantán, Cunén, Sacapulas, hasta el departamento de Huehuetenango.

1.1.10. Servicios públicos

El municipio de Cunén del departamento de Quiché. En su cabecera cuenta con los siguientes servicios públicos; transporte urbano y extraurbano, agua potable, sistema de alcantarillado sanitario, energía eléctrica, mercado, bancos, puestos de salud, escuelas, institutos, empresas de señal de cable, telefonía celular, rastro municipal entre otros.

1.1.11. Comercio

Las principales actividades comerciales son la producción agrícola y pecuaria, la gran mayoría de familias que se dedican a la agricultura subsistencia familiar y consumo local (maíz, frijol y trigo), en algunas microrregiones se han

organizado en asociaciones para la producción extensiva de productos como: arveja china, ejote francés, tomate, chile pimiento, ajo, cebolla aguacate entre otros.

La explotación pecuaria intensiva como tal no existe en el municipio, existen familias con ganado bovino, ovino, porcino y caprino que por otra parte la explotación pecuaria de las aves de corral se estima en un 52 % del total de producción en el municipio lo que representa la subsistencia familiar y el comercio local.

1.1.12. Turismo

El municipio de Cunén cuenta con varios lugares turísticos naturales como: El Chorro, El Tanque, Las Grutas, Cueva de Chutuj y Laguninita la Hacienda, la mayoría no cuenta con una infraestructura atractiva al fomento turístico ya que tres de estos centros turísticos carecen de acceso vehicular.

Entre los principales sitios de atracción turística se destacan Las Grutas, cataratas con nacimiento de agua, esta se encuentra en cuevas donde se aprecian en su interior las estalactitas resultado de los depósitos de minerales continuos por el agua filtrada. El mirador del entronque con una vista panorámica hacia el centro del municipio, las cuevas de Chutuj, La Cascada, El Chorro y finalmente dos sitios arqueológicos ubicados en las aldeas Xemanzana Xequixtún y Chijam I, importantes en época de fin de año, semana santa y época de verano para los habitantes.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura de las aledas Tierra Colorada y San Siguán I municipio de Santa María Cunén

A continuación, se presenta el diagnóstico obtenido después de la investigación realizada en campo.

1.2.1. Descripción de las necesidades

El paso de las tormentas ETA e IOTA que afectaron de gran manera al municipio de Santa María Cunén, provocaron daños en las vías de acceso, puentes peatonales, puentes vehiculares. Teniendo en cuenta la situación tras el brote epidémico (COVID 19), las áreas rurales son las más afectadas en temas de abastecimiento de agua potable.

- Agua potable: la aldea Tierra Colorada y San Siguán I, carecen de un sistema de abastecimiento de agua potable, lo que provoca que los habitantes de estos sectores se vean vulnerables a enfermedades gastrointestinales por el uso de fuentes inadecuadas y no tratadas.

- Alcantarillado sanitario: las aldeas no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, derivado a que no cuentan con una distribución de agua potable. Lo que conlleva a los pobladores a desembocar las aguas servidas hacia las calles y realizar letrinas para las aguas negras, creando un foco de contaminación y proliferación de enfermedades.

- Carreteras: el estado actual de los accesos viales que intercomunican a las aldeas hacia el centro del municipio y a otras comunidades, se

encuentran en mal estado derivado de los deslizamientos de tierra y los desbordamientos de ríos, provocados por las tormentas ETA e IOTA.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

Las autoridades comunitarias en conjunto con otras organizaciones solicitan a la municipalidad de Cunén, priorizar un proyecto en beneficio de la aldea Tierra Colorada y San Siguán, que pueda solventar la problemática de la falta del vital líquido, lo que va de la mano con el brote de enfermedades gastrointestinales, malos olores, contaminación, entre otros.

Al contar con el proyecto los habitantes mejoraran uno de los problemas de salud que afrontan, evitando gastos en la compra de medicamentos o visitas médicas, el cual beneficiara de alguna manera su economía familiar.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tierra Colorada, Santa María Cunén, Quiche

En los siguientes subíndices se presentan los parámetros, cálculos y resultados del diseño de la red de agua potable.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo y gravedad para la aldea Tierra Colorada, cuenta con una población aproximada de 275 familias. El sistema estará compuesto por la captación, tanque de succión (20 m^3), caseta de bombeo, línea de conducción por impulsión, tanque de distribución y red de distribución por ramales abiertos. La fuente es un brote definido en ladera. La longitud del sistema estimada es de 2,400 metros. El servicio será tipo predial.

2.1.1.1. Visita preliminar

Al realizar la visita se verificó que la comunidad ya cuenta con los terrenos donde estará ubicado el tanque de distribución y el área donde se encuentra la fuente de abastecimiento, permaneciendo ambos delimitados por un alambrado sin ninguna infraestructura, además se observó que tiene acceso a energía eléctrica. La distribución de las viviendas en la aldea está dispersa, lo que conlleva a que la población proporcionará los derechos de paso.

2.1.2. Fuentes de agua

La fuente de abastecimiento es un nacimiento de brote definido en ladera, ubicado aproximadamente a una distancia de 1 kilómetro del área a servir.

2.1.2.1. Aforo de la fuente

En este caso, se aforó la fuente empleando el método volumétrico, determinando el tiempo de llenado, de un recipiente de 20 litros, dando como resultado un caudal de 0.986 l/s.

2.1.3. Calidad del agua

La calidad del agua está relacionada directamente con las características físicas, químicas y bacteriológicas, indispensablemente aceptables para el consumo humano. Por lo cual debe realizarse un examen bacteriológico para establecer si es apta o no para su consumo.

2.1.3.1. Examen bacteriológico

El objetivo del análisis bacteriológico es detectar en la muestra el grado de contaminación bacteriana y materia fecal. El análisis se realizó a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en la dirección del área de Salud del municipio de Nebaj, el cual da como resultado incontables números de colonias en bacterias y heces fecales, con un PH de 7, ver informe en anexo.

Por lo tanto, con base a los datos anterior, se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser apta para el consumo humano, descrito en el inciso 2.1.7.9.

2.1.4. Levantamiento topográfico

La obtención de la topografía del lugar es un requisito fundamental para la propuesta de diseño, ya que conlleva la obtención y la representación gráfica de la ubicación, cota de elevación de los posibles puntos donde será ubicada la obra hidráulica. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Estación total marca Kolida KTS-442 LLC
- GPS marca Garmin
- Cinta métrica de 50 m
- Bastón y prisma de presión
- Estacas de madera, pintura, clavos, martillo, entre otros.

2.1.4.1. Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico se desarrolló con una poligonal abierta, realizando el levantamiento con una estación total referenciando un punto de control y la toma de datos de puntos de interés específico, obteniendo una triangulación y la determinación de sus coordenadas geográficas (conocidas o asumidas en su defecto).

2.1.4.2. Levantamiento altimétrico

Estos datos se obtienen directamente con la estación total, dando como resultado los diferentes niveles del terreno calculados en simultaneo con la obtención de los ángulos y distancias, medidos en el levantamiento topográfico. Como resultado de los levantamientos topográficos se elaboraron los planos, planta de conjunto, planta de curvas de nivel, planta-perfil de la línea de

impulsión, planta-perfil de la red de distribución y el plano de detalles estructurales.

2.1.5. Bases para diseño hidráulico

Para obtener un diseño optimó es importante tener en consideración los siguientes aspectos:

2.1.5.1. Periodo de diseño

Se denomina así la representación del tiempo durante el cual la obra prestara el servicio de manera satisfactoria y eficiente. El periodo de diseño se rige por diferentes aspectos como lo es la capacidad de administración, equipo, materiales, operación y mantenimiento. Comprendido desde el momento de gestión, construcción y funcionamiento del sistema. En este caso se adoptó un periodo de diseño de 22 años.

2.1.5.2. Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional es el número de individuos que se espera nazcan en un determinado lugar y tiempo.

2.1.5.2.1. Método geométrico

La población por servir se determina por medio de un pronóstico de crecimiento futuro, teniendo en cuenta aspectos socioeconómicos, proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística INE. En este caso se consideró el método de incremento geométrico; el cual consiste en calcular la

población con base a la tasa de crecimiento poblacional registrado en los censos poblacionales, proyectado según el periodo de diseño.

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

Donde:

P_f = población futura

P_a = población actual = 375 habitantes

r = tasa de crecimiento = 2.8 %

n = periodo de diseño en años = 22 años

$$P_f = 375 * (1 + 0.028)^{22} = 689\ habitantes$$

2.1.5.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a una persona expresada en litros por habitante por día (lt/hab./día). Para la correcta adopción de una dotación adecuada depende de un estudio de demanda, clima, aforo de la fuente y ubicación, sea área urbana o rural. Para proyectos en el área rural de clima frio se recomienda una dotación de 60 l/hab./día a 90 l/hab./día. En este caso se optó por usar una dotación de 60 l/hab./día (INFOM, 2004).

2.1.6. Factores de consumo y caudales de diseño

Los consumos de agua en la comunidad tienen variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias, por lo que el caudal de diseño para la línea de impulsión y red de distribución varían por factores de incremento, que depende del clima y la población.

2.1.6.1. Consumo medio diario

Llamado también como caudal medio diario, siendo la cantidad de agua consumida por la población en un día. Este se obtiene del promedio de consumos diarios durante un periodo de un año. Cuando no se cuenta con un registro de datos se calcula por el producto de la dotación y el número de habitantes estimado para el final del periodo de diseño, como se define en la siguiente expresión:

$$Q_{md} = \frac{Dotacion * Poblacion_f}{86{,}400}$$

$$Q_{md} = \frac{60\ l/hab/dia\ * 689\ hab}{86{,}400}$$

$$Q_{md} = 0.48\ l/s$$

2.1.6.2. Consumo máximo diario

Es el caudal máximo diario o llamado caudal de conducción, es el caudal máximo producido en un día durante un periodo de observación de un año. Cuando no se cuenta con registro de datos de consumo diario, para su efecto se calcula incrementando el caudal medio por un factor de día máximo (Fdm). El factor de día máximo oscila entre 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes, y de 1.2 a 1.5 para poblaciones futuras menores a 1,000 habitantes dependiendo directamente del tamaño de la población a servir en áreas rurales. En este caso se utilizará un factor de 1,5 (INFOM, 2004).

$$Q_{max.diario} = fdm * Q_{md} \left[\frac{l}{s}\right]$$

$$Q_{max.diario} = 1.5 * 0.48 \left[\frac{l}{s}\right]$$

$$Q_{max.diario} = 0.72 \left[\frac{l}{s}\right]$$

2.1.6.3. Consumo máximo horario

El caudal máximo horario o llamado caudal de distribución, es el caudal máximo producido durante una hora durante un periodo de observación de un año. Si no se cuenta con el registro de datos de consumo horario, puede calcularse multiplicando el caudal medio diario por un factor de hora máxima (Fhm). El factor de hora máximo está comprendido, 2 para poblaciones futuras mayores a 1,000 habitantes y de 2 a 3 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes en áreas rurales. En este caso se utilizará un factor de 2,0.

$$Q_{mh} = Q_{md} \left[\frac{l}{s}\right] * Fmh$$

$$Q_{mh} = 0.48 \left[\frac{l}{s}\right] * 2.00$$

$$Q_{mh} = 0.96 \left[\frac{l}{s}\right]$$

2.1.6.4. Caudal de bombeo

Es el caudal requerido para abastecer el sistema, está ligado directamente con las horas de bombeo, ya que, al aumentar las horas de bombeo, el caudal disminuirá y viceversa. El tiempo de bombeo debe encontrarse entre 8 y 18 para un buen funcionamiento del sistema. Para este caso se utilizarán 12 horas de bombeo. El caudal de bombeo se determina con la siguiente expresión:

$$Q_b = \frac{Q_{max.diario} * 24\ horas\ diarias}{No.horas\ de\ bombeo}$$

$$Q_b = \frac{0.72\ \left[\frac{l}{s}\right] * 24\ horas\ diarias}{12\ horas}$$

$$Q_b = 1.44\ \left[\frac{l}{s}\right]$$

2.1.7. Diseño hidráulico de los componentes

En el diseño hidráulico es importante tener parámetros y criterios de diseño para optimizar el funcionamiento del sistema, los cuales consisten en determinar diámetros de tubería, clase de tubería, pérdidas de carga, velocidades y aspectos necesarios para su correcto desempeño.

2.1.7.1. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

Para el cálculo de la línea de conducción y red de distribución se utilizaron las ecuaciones de continuidad y conservación de energía, así como la ecuación empírica para fluidos de Hazen Williams, para determinar las pérdidas de carga en las tuberías cerradas. Expresada por:

$$H_f = \frac{(1{,}743.811) * (L) * Q^{1.85}}{c^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

H_f= pérdida de carga en metros

$C =$ coeficiente de fricción de la tubería, depende de la rugosidad del material, para tuberías de PVC se adoptará el valor de 150 adimensional

$D =$ diámetro interno en pulgadas

$L =$ longitud de diseño en metros

$Q =$ caudal en litros por segundo

2.1.7.2. Clases y presiones de trabajo de tuberías

En la mayor parte del sistema se utilizará la tubería de cloruro de polivinilo (PVC) bajo la relación de diámetro exterior y espesor de pared (SDR), de las cuales se utilizarán las siguientes:

- SDR 17, presión de trabajo de 250 PSI (176 m.c.a.)
- SDR 26, presión de trabajo de 160 PSI (113 m.c.a.)

En los tramos donde por el tipo de suelo y la topografía del terreno no permita excavaciones, se usará tubería de hierro galvanizado de tipo liviano.

2.1.7.3. Velocidades y presiones máximas y mínimas

En el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento es necesario chequear las velocidades, que se encuentren entre los parámetros recomendados por las diferentes guías y normativas. En el caso de las normas de INFOM-UNEPAR considera los siguientes límites:

- “Para conducciones: mínima de 0.40 m/s y máxima de 3.00 m/s
- Para distribución: mínima de 0.60 m/s y máxima de 3.00 m/s” (INFOM, 2004, p. 11).

La presión estática se produce cuando todo el líquido en la tubería y tanque de abastecimiento se encuentra en reposo. En la línea de conducción no debe ser mayor al 80 % de la presión de trabajo de las tuberías. En redes de

distribución no debe exceder a 60 metros columna de agua, esto es porque algunos artefactos sanitarios no resisten presiones mayores a 60 m.c.a.

La presión dinámica se produce cuando hay movimiento del fluido en la tubería, disminuyendo el valor de la presión estática por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería. Convirtiendo así la altura de carga estática en una disminuida altura de presión.

A continuación, se presenta un resumen de las bases del diseño hidráulico

Tabla 4.

Bases generales de diseño

Fuente	Nacimiento
Aforo	0.986 l/s
Sistema	Bombeo
Tipo de servicio	Predial
Conexiones actuales	75
Densidad poblacional	5 hab./vivienda
población actual	375 hab.
Tasa de crecimiento	2.8 %
Periodo de diseño	20 años
Tiempo de gestión	2 años
Periodo de diseño equipos de bombeo	10 años
Dotación	60 l/hab./día
Población proyectada	689 hab.
Factor máximo diario (FMD)	1.5
Factor máximo horario (FMH)	2
Conexiones futuras	138
Caudal medio diario QM	0.48 l/s
Caudal máximo diario QMD	0.72 l/s
Caudal máximo horario QMH	0.96 l/s
Factor de tanque de distribución	0.65
Volumen tanque de impulsión	20 m3
Volumen tanque de distribución	30 m3

Nota. Bases de diseño para un sistema de abastecimiento de agua potable. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.7.4. Diseño de la captación

En este proyecto el sistema de captación se construye con fines de recolectar el agua de la fuente. Será una captación típica, sus componentes son un filtro construido de piedra bola, grava y arena de río, un rebalse que mantendrá la presión atmosférica, un desagüe para limpieza, salida de tubería hacia el desarenador. La construcción de los componentes deberá seguir los siguientes lineamientos:

- Se usará concreto ciclópeo, para no alterar la calidad del agua
- Se colocarán capas de arena, piedrín y piedra como filtros, evitando que se capte mucha materia orgánica e inorgánica.
- Se protegerá la captación con un cerco perimetral de alambre espigado.
- Los muros de piedra en las laderas deben de ser impermeabilizadas en sus caras exteriores con un mortero de cemento y arena en proporción 1:2.
- Deberá conservarse las condiciones naturales del lugar de captación y mantener las áreas libres de maleza, desechos y no deforestarla.

2.1.7.5. Tanque de succión

El tanque de succión es donde se almacenará el agua proveniente del nacimiento, para luego bombearla hacia el tanque de distribución. Para el cálculo de la capacidad que tendrá el tanque de succión se debe tener en cuenta ciertos criterios como: caudal de la fuente, caudal de bombeo y tiempo de bombeo.

Datos:

Caudal de la fuente: 0.985 l/s

Caudal de bombeo: 1.435 l/s

Tiempo de bombeo: 12 hr.

Se calcula el volumen del tanque de succión:

$$VTS = (Caudal\ bombeo - Caudal\ fuente) * (tiempo\ de\ bombeo)$$

$$VTS = \left(1.435\frac{l}{s} * 0.985\frac{l}{s}\right) * \left(12\ hr. * 3600\frac{s}{hr}\right)$$

$$VTS = 19{,}440\ l = 19.44\ m^3$$

Por lo tanto, se determina que el volumen del tanque de succión será de 20 m^3, diseño estructural ver apéndice 1.

2.1.7.6. Línea de impulsión

La línea de impulsión se compone de la tubería de succión y la de conducción. La tubería de succión es la tubería que está conectada directamente a la entrada de la bomba y la tubería de conducción se coloca después de la bomba conduciendo el agua hacia el tanque de almacenamiento.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de caudal requerido por la tubería de descarga debe oscilar entre 3.00 m/s y 0.4 m/s como límite para el diseño de la línea de impulsión hacia el tanque de distribución, para ello se describe el método utilizado:

Determinar el diámetro óptimo de la tubería a utilizar, es preciso establecer la potencia de la bomba, costo de la tubería y consumo de energía; realizando

un análisis se determina que si el diámetro seleccionado es relativamente grande la línea tendrá pérdidas de carga pequeñas y por ende la potencia del sistema de bombeo será reducido; esto conlleva a que el costo de la bomba será menor en comparación al costo de la tubería que tiende a elevarse, por otro lado si el diámetro de la tubería tiende a ser pequeño, la tubería tendrá un costo menor pero la bomba tendrá un mayor costo y consumirá más energía.

Se debe establecer un diámetro conveniente que optimice el costo total de la línea, a este diámetro se le conoce como diámetro económico (De) y es el que permite conducir el caudal requerido a un bajo costo de tubería y operación de bombeo. Este se determina mediante la siguiente expresión:

$$De = \sqrt{1.974 * \frac{Q_B}{v\ \frac{m}{s}}}$$

Donde:

De = diámetro económico

QB = caudal de bombeo

V = velocidad del fluido

$$De_1 = \sqrt{1.974 * \frac{1.435\ l/s}{0.6 \frac{m}{s}}} = 2.17\ plg.$$

$$De_2 = \sqrt{1.974 * \frac{1.435\ l/s}{2.0 \frac{m}{s}}} = 1.19\ plg.$$

Se evaluará los diámetros contenidos entre 1.19 pulgadas y 2.17 pulgadas, siendo estos en diámetros comerciales 1 ½ pulgadas y 2 pulgadas. Tomando en cuenta estos nuevos diámetros se procederá a

determinar las pérdidas de carga en cada tubería, por medio de la ecuación de Hazen Williams.

Datos:

L= 425.6 m

Q= 1.435 l/s

C= 150

Di= Diámetro interno

$$h_{f2''} = \left(\frac{1{,}743.811 * 425.6 * 1.05 * 1.435^{1.85}}{150^{1.85} * 2.193^{4.87}}\right) = 3.129\ m$$

$$h_{f1\ 1/2''} = \left(\frac{1{,}743.811 * 425.6 * 1.05 * 1.435^{1.85}}{150^{1.85} * 1.754^{4.87}}\right) = 9.29\ m$$

2.1.7.6.1. Carga dinámica total

La carga dinámica no es más que la presión real en metros columna de agua, contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido, el cual se determina de la siguiente manera:

$$CDT = H_d + H_f + H_v + H_m$$

Donde:

$N_d =$ altura del nivel dinámico a la boca del tanque de succión

$H_d =$ diferencia de cotas entre el tanque de succión y el tanque de distribución

$H_f =$ pérdida de impulsión

$H_v =$ pérdida de velocidad en la tubería

$H_m =$ pérdidas menores por accesorios

- Cálculo de pérdida diferencia entre tanques

$$N_d = 1.5\ m$$

$$H_d = 2{,}009.50\ m - 1{,}919.55\ m = 89.95\ m$$

- Cálculo de la pérdida de impulsión

$$h_{f2''} = \frac{1{,}743.811 * 425.60m * 1.05 * 1.435l/s^{1.85}}{150^{1.85} * 2.193^{4.87}} = 3.129\ m$$

$$h_{f1\ 1/2''} = \frac{1{,}743.811 * 425.60m * 1.05 * 1.435l/s^{1.85}}{150^{1.85} * 1.754^{4.87}} = 9.29\ m$$

- Cálculo de la pérdida de velocidad

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

- Para la tubería 2 plg.

$$v = \frac{1.974 * Q_B}{d^2} = \frac{1.974 * 1.435}{2.193^2} = 0.6\ m/s$$

$$H_v = \frac{(0.6m/s)^2}{2(9.81m/s^2)} = 0.018\ m$$

- Para la tubería 1 1/2 plg.

$$v = \frac{1.974 * Q_B}{d^2} = \frac{1.974 * 1.435}{1.754^2} = 0.92\ m/s$$

$$H_v = \frac{0{,}92m/s^2}{2(9.81m/s^2)} = 0{,}043\ m$$

- Cálculo de la pérdida por accesorios

$$H_{m2''} = 0.10 * 3.12 = 0.312\ m$$
$$H_{m1\ 1/2''} = 0.10 * 9.29 = 0.929\ m$$

Por lo cual se obtiene la carga dinámica total:

$$CDT_{2,,} = 89.95m + 3.13m + 0.018m + 0.313m + 1.5m = 94.91\ m$$
$$CDT_{1\ 1/2,,} = 89.95m + 9.29m + 0.043m + 0.929m + 1.5m = 101.71\ m$$

Tabla 5.

Resumen carga dinámica total

Diámetro	CDT (m)
2 plg.	94.91
1 1/2 plg.	101.71

Nota. Cuadro resumen de la carga dinámica total para los diámetros propuestos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se realizará el cálculo de costos de energía eléctrica mensual que consumirá la bomba, utilizando la siguiente expresión:

$$POT = \frac{Q_B\ * h_f}{76 * e}$$

Donde:

POT = potencia de la bomba

QB = caudal de bombeo

Hf = pérdida de carga

e = eficiencia de la bomba, 60 % en este caso

$$POT_{2,,} = \frac{1.435 * 94.91}{76 * 0.60} = 2.98\ HP$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = \frac{1.435 * 101.71}{76 * 0.60} = 3.20\ HP$$

Por un factor de 0,745 kW se procede a convertir las potencias HP, de la siguiente manera:

$$POT_{2,,} = 2.98HP * 0.745KW = 2.22kW$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = 3.20HP * 0.745KW = 2.38kW$$

Para calcular la potencia mensual, se debe establecer el número total de horas que se bombeara al mes:

$$No.horas = \left(\frac{12\ hr}{dia}\right) * \left(\frac{30\ dia}{mes}\right) = 360\ hr$$

$$POT_{2,,} = 2.22kW * 360\frac{hr}{mes} = 799.2\ kW/mes$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = 2.38kW * 360\frac{hr}{mes} = 856.8\ kW/mes$$

Teniendo los datos anteriores se calcula el costo mensual, sabiendo que el precio por kW de consumo es de 1.85 quetzales, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 6.

Costo mensual de bombeo

Diámetro	Potencia mensual (kW-hr/mes)	Precio unitario	Costo mensual
2''	799.2	1.85	Q.1,478.52
1 1/2''	856.8	1.85	Q.1,585.08

Nota. Cuadro resumen del costo de consumo de energía. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con los resultados obtenidos, se puede comprobar que el diámetro optimo o económico es la tubería de 2 pulgadas, tanto en costos por kW de consumo mensual como en la pérdida de carga es menor en comparación a la tubería de 1 1/2. Por lo tanto, se utilizará un diámetro de 2 pulgadas para la línea de conducción por bombeo.

2.1.7.7. Diseño de equipo de bombeo

Para el diseño de la potencia de desempeño de la bomba es relevante tener en cuenta el tipo de bomba a utilizar, su funcionabilidad por energía o combustible, tiempo de bombeo y eficiencia.

2.1.7.7.1. Sobre presión por golpe de ariete

El golpe de ariete se conoce como el choque que se produce en la tubería por la disminución súbita de la velocidad del fluido. Esto se produce al momento de obstruir el paso bruscamente (cierre de válvula) o por la pérdida total de carga. Creando una sobrepresión en la tubería, esto debe verificarse para determinar la clase de tubería o instalar una válvula de alivio para la reducción del golpe de

ariete y evitar daños a la tubería. La sobrepresión del golpe de ariete se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$G.A = \frac{1420 * v}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

$G.A =$ golpe de ariete

$v =$ velocidad (m/s)

$K =$ módulo de elasticidad volumetría del agua ($K = 2.07 * 10^4\ kg/cm^2$)

$E =$ módulo de elasticidad del material de la tubería ($E = 3 * 10^4 kg/cm^2$)

$D_i =$ diámetro interno de la tubería (mm)

$e =$ espesor de la pared de la tubería (mm)

$$G.A = \frac{1420 * 0.60}{\sqrt{1 + \frac{20700}{30000} * \frac{55.7mm}{2.31mm}}} = 202.87\ m.c.a$$

- Cálculo de sobre presión

$$\Delta P = \frac{G.A}{g} = \frac{202.87}{9.81} = 20.7\ m.c.a.$$

Para establecer la clase de tubería, es importante verificar la presión en la tubería, en el caso extremo que se someta a una presión máxima producida por la carga dinámica total y la sobre presión producida por el golpe de ariete.

$$P_{max} = 94.91\ m.c.a. + 20.7\ m.c.a. = 115.6\ m.c.a.$$

La presión máxima a la cual estará sometida la tubería de la línea de impulsión será de 115.6 m.c.a. de manera que para evitar daños en la tubería y optimizar costos se propondrán el uso de 2 clases de tubería, por medio de una relación de triángulos se establece que la presión a la que estará sometida la tubería, del tanque de distribución hacia el tanque de succión sobrepasa la presión de trabajo (clase 160), permitida, por tanto se propone utilizar 332 metros de tubería de 2 pulgadas (clase 160), sometida a una presión de trabajo de 90 m.c.a. y 93 metros de tubería de 2 pulgadas (clase 250), garantizando cubrir la presión máxima. Cabe mencionar que se recomienda utilizar, en el cambio de tubería una válvula de alivio (cheque horizontal) para protección de la bomba como de la tubería.

2.1.7.7.2. Potencia de la bomba

Para determinar la potencia de trabajo eficientemente de una bomba, es crucial tomar en cuenta el caudal de bombeo, la carga dinámica total y la eficiencia de la bomba, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$POT = \frac{CDT * Q_B}{76 * e}$$

Donde:

$POT =$ potencia de la bomba

$CDT =$ carga dinámica total

$Q_B =$ caudal de bombeo

$e =$ eficiencia de la bomba

$$\Delta P = \frac{94.91 * 1.435}{76 * 0.60} = 2.98\ HP.$$

2.1.7.7.3. Especificación del equipo de bombeo

Se utilizará una bomba sumergible, de 5 HP de potencia, funcionará con energía eléctrica, rendimiento de 25 GPM, un periodo de bombeo de 12 horas, la eficiencia de la bomba en ningún momento será menor que el 60 %, trabajando en etapas múltiples, por recomendación del fabricante debe colocarse una válvula de alivio (cheque horizontal), a la salida de la bomba. Las partes de la bomba se detallan a continuación:

- cabezal de descarga
- accesorios para enganche
- válvula de alivio (cheque horizontal)
- sujetador de rodamiento
- centrifugas e impulsores
- tubo de caída
- tamiz de entrada
- conexión eléctrica
- motor eléctrico

2.1.7.7.4. Caseta de bombeo

Es un espacio adecuado que deberá albergar el total de los equipos necesarios para la elevación del agua y dispositivos de maniobra que permita la facilidad de movimientos, mantenimiento, montajes y desmontaje, entrada y salida de equipos. Así mismo albergara los circuitos y tableros de control, eventualmente generadores y válvulas de accionamiento de la línea de impulsión. La ubicación de la construcción estará en la estación E-43. Ver planos en apéndice.

2.1.7.8. Tanque de distribución

El volumen del tanque de distribución se calculará de acuerdo con la demanda real de la comunidad. En sistemas por gravedad se tomará un factor del 25 % a 40 % del consumo medio diario y en sistemas por bombeo de 40 % a 65 %.

$$Vol_t = Q_m * \%almacenamiento * 86.4\ m^3$$

Donde:

$Vol_t =$ volumen del tanque

$Q_m =$ caudal medio diario

Para este proyecto se tomará un factor de almacenamiento del 65 % del caudal medio diario, para tener una reserva suficiente de agua.

$$Vol_t = 0.48 \frac{l}{s} * 0.65 * 86.4 = 26.87 m^3$$

Se propone la construcción de un tanque de 30.0 metros cúbicos de capacidad, semienterrado con dimensiones de 3 metros de ancho, 5 metros de largo y 2.80 metros de alto respectivamente.

2.1.7.8.1. Diseño estructural tanque de distribución

El tanque se diseñará con una estructura a base de muros de gravedad de concreto ciclópeo y cubierta de concreto reforzado, ya que en el lugar se

facilita la obtención de piedra bola, material principal para que integre este tipo de concreto, disminuyendo considerablemente su costo de construcción.

2.1.7.8.2. Diseño del muro de gravedad

Datos:

Peso específico del agua $(\gamma_{agua}) = 1\,000\ kg/m^3$

Peso específico del suelo $(\gamma_s) \quad = 1\,500\ kg/m^3$

Peso específico concreto ciclópeo $(\gamma_{\ ciclo}) = 2\,500\ kg/cm^3$

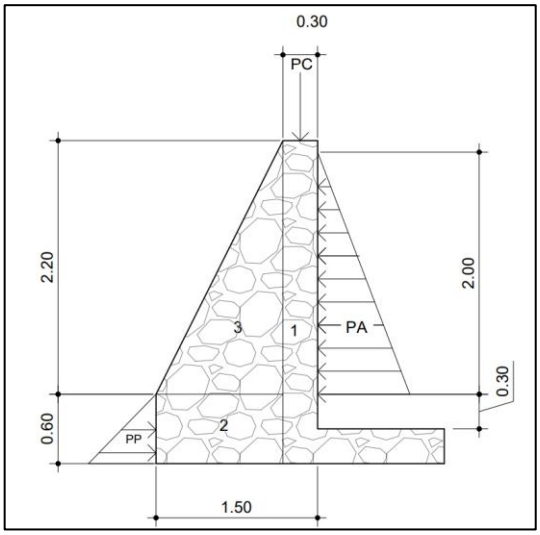
Peso específico del concreto $(\gamma_{cc}) = 2\,400\ kg/m^3$

Valor soporte del suelo $(v_s) = 10\ t/m\ (asumido)$

Angulo de fricción $(\varphi) = 30°\ (asumido)$

Figura 1.

Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro



Nota. Dimensiones y fuerzas actuantes. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Condición crítica del muro es cuando el tanque se encuentra lleno. El cálculo de empuje que ejerce el agua profundidad h llamada también presión activa (PA):

$$P_A = \frac{1}{2} * \gamma_{agua} * \frac{h^2}{1000}$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 1{,}000 kg/m^3 * \frac{2.30^2}{1000} = 2.65\ t/m^2$$

- Cálculo del momento de volteo que ejerce la presión del agua (Mact)

$$M_{act} = P_A * \frac{h}{3} = 2.65 \frac{t}{m} * \left(\frac{2.0}{3} + 0{,}3 + 0.3\right) = 3.35\ t - m$$

- Cálculo de empuje pasivo, según la teoría de Ranking

$$Ep = k_p * \gamma_s * \frac{h^2}{2}$$

Donde:

$E_p =$ presión pasiva de Ranking

$$k_p = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} = \frac{1 + \sin(30)}{1 - \sin(30)} = 3$$

$$Ep = 3 \frac{1\,500 \frac{kg}{m^3}}{1\,000} * \frac{0{,}60^2}{2} = 0{,}81 t/m$$

- Momento de volteo que ejerce la presión del suelo (Mp)

$$M_p = 0.81 \frac{t}{m} * \frac{0.60m}{3} = 0.16\ t - m$$

- Calculo peso y momento de los empujes que actúan al pie del muro

$$P_{losa+viga} = \left(CU * \frac{A_{tributaria}}{L}\right) + (\gamma_{cc} * seccion\ viga * 1.2)$$

$$P_{losa+viga} = \left(716\frac{kg}{m^2} * \frac{2.43\ m^2}{5}\right) + \left(2400\frac{kg}{m^3} * 0.20m * 0.15m * 1.2\right)$$

$$P_{losa+viga} = 838.2\ \frac{kg}{m} = 0.84t/m$$

Tabla 7.

Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro

Figura	**Área m^2**	**t/m^3**	**Carga t/m**	**Brazo m**	**Momento $t-m$**
1	0.84	2,5	2.10	1.35	2.84
2	0.72	2,5	1.80	0.60	1.08
3	1.32	2,5	3.30	0.80	2.64
M_p			0.81	0.20	0.16
$P_{losa+viga}$			0.84	1.35	1.13
$\sum$			8.85		7.85

Nota. Resumen de áreas, peso y momentos actuantes sobre el muro. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Verificación de la estabilidad contra el volteo

$$F_{sv} = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum M_{activos}} > 1{,}5$$

$F_{sv} = \frac{7.84t-m}{3.35t-m} = 2.34 > 1.5$ sí chequea.

- Verificación contra el deslizamiento

$$FS_D = \frac{\sum F_{pasivo} * X_\mu}{\sum F_{activo}} \geq 1.5$$

Donde:

$$X_\mu = 0.90 * tg(30)$$

$$FS_D = \frac{8.84*0.90*tg(30)}{2.65} = 1.73 \geq 1.5 \text{ sí chequea}$$

- Verificación de la presión sobre la base del muro

$$X = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum f_{muro}} = \frac{1.132+6.55\pm3.35}{7.20+0.84} = 0.54 \geq \frac{B}{3} = \frac{1{,}5}{3} = 0.50 \quad \text{sí chequea.}$$

- Cálculo de excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - x$$

$$e = \frac{1.50}{2} - 0.54 = 0.21m$$

- Cálculo de presiones máximas y mínimas

$$P_{max} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{8.04}{1.5} * \left(1 + \frac{6*0.21}{1.5}\right) = 9.87t/m^2 \leq Vs = 10\ t \qquad \text{sí chequea.}$$

$$P_{min} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{8.04}{1.5} * \left(1 - \frac{6*0.21}{1.5}\right) = 0.84t/m^2 > 0 \qquad \text{sí chequea.}$$

2.1.7.8.3. Diseño de la losa del tanque

Datos:

$a = 3{,}00\ m$ $\quad Carga\ viva = 200\ kg/m^2$ $\quad S.C = 90\ kg/m^2$

$b = 5{,}00\ m$ $\quad \Upsilon cc = 2\,400\ kg/m^3$

- Cálculo de β, determinar la trabajabilidad de la losa

$$\beta = \frac{3{,}0}{5{,}0} = 06. \geq 0.5 \qquad \text{2 sentidos}$$

- Cálculo de espesor de losa

$$t = \frac{Perimetro}{180} = \frac{500 * 2 + 300 * 2}{180} = \frac{1{,}600}{180} = 8.9\ cm$$

$$t = 10\ cm$$

- carga muerta

$$CM = \gamma_{cc} * t + S_C$$

$$CM = 2{,}400\ kg/m^3 * 0{,}10 + 90\ kg/m^2 = 330\ kg/m^2$$

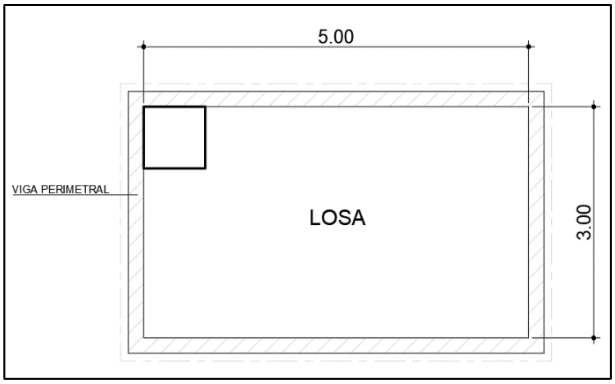
- integración de cargas

$$CU = 1.2\ CM + 1.6CV$$

$$CU = 1.2(330\ kg/m^2) + 1.6(200 kg/m^2) = 716.00\ kg/m^2$$

Figura 2.

Dimensiones del tanque de distribución



Nota. Esquema de dimensiones del tanque de distribución. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

El cálculo de los momentos ser realizará según el método 3 del ACI (Caso 1):

- Coeficientes para momentos negativos

$$M_{aneg} = Ca * wu * A^2 = 0\ kg - m$$
$$M_{bneg} = Cb * wu * B^2 = 0\ kg - m$$

- Cálculo de momentos positivos debido a la carga muerta

$$M_{ad+} = Ca * W_{ud} * A^2 = 0.081 * 396 \frac{kg}{m^2} * 3^2 = 288.7\ kg - m$$
$$M_{bd+} = Cb * W_{ud} * B^2 = 0.01 * 396 \frac{kg}{m^2} * 5^2 = 99.0\ kg - m$$

- Cálculos de momentos positivos debido a la carga viva

$$M_{aL+} = Ca * W_{ul} * A^2 = 0.081 * 320 \frac{kg}{m^2} * 3^2 = 233.3\ kg - m$$

$$M_{bL+} = Ca * W_{ul} * B^2 = 0.01 * 320 \frac{kg}{m^2} * 5^2 = 80.0\ kg - m$$

Tabla 8.

Tabla resumen de momentos método 3 ACI

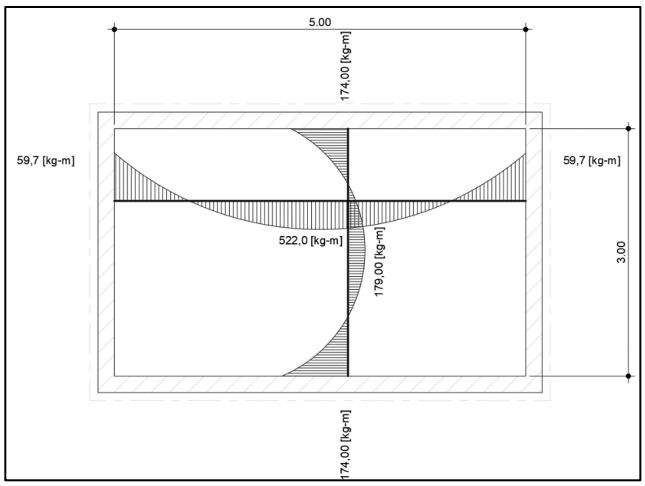
LADO	Mwu(-)	Md(+)	ML(+)	Mwu(+)	M(-)= 1/3(M+)
A	0	288.7	233.3	522	174.0
B	0	99.0	80.0	179	59.7

Nota. Cuadro resumen de momentos positivos y negativos debidos a la carga muerta y viva. Elaboración propia, realizado con Excel.

Los momentos resultantes positivo se obtiene de la suma de los momentos positivos debidos a la carga muerta y carga viva. En los extremos de la losa el momento negativo es un tercio del momento positivo. Por lo que el diagrama de momentos está representado en la siguiente figura:

Figura 3.

Diagrama de momento último en losa



Nota. Diagrama de momentos positivos y negativos debidos a la carga muerta y viva. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

- Cálculo del peralte d

$$d = t - rec - \frac{\emptyset_{var}}{2} = 10 - 2{,}5 - 0.475 = 7.03cm$$

- Cálculo del refuerzo requerido con los siguientes datos

$$f'c = 210\,\frac{kg}{cm2} \qquad fy = 2\,810\,\frac{kg}{cm^2}$$

$$b = 100\,cm \qquad d = 7.03\,cm$$

- Cálculo del área de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{fy}bd = \frac{14}{2{,}810} * 100 * 7.3 = 3.50\,cm^2$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 3t = 3(10) = 30cm$$

- Armado para A_{smin} usando varillas No 3

$$\begin{aligned} 3.50\ cm^2 \quad &- \quad 100cm \\ 0.71\ cm^2 \quad &- \quad S \qquad \Rightarrow \quad S = 20.29\ cm \end{aligned}$$

- Recalculando As para un espaciamiento de S=20 cm

$$\begin{aligned} As \quad &- \quad 100cm \\ 0{,}71\ cm^2 \quad &- \quad 20cm \qquad \Rightarrow \quad A_s = 3.55\ cm \quad \text{Cumple con } \mathrm{A_{smin}} \end{aligned}$$

- Cálculo del momento último, que resiste el área de acero calculado

$$Mu = \phi(A_s fy\left(d - \frac{A_s fy}{1.7f'c\ b}\right)$$

$$Mu = 0.9 * (3.55 * 2810\left(7.5 - \frac{3.55 * 2\,810}{1.7 * 210 * 100}\right) = 60{,}561.43\ kg - cm$$

$$Mu = 606.0\ kg - m$$

Al comparar el momento que es capaz de resistir el área de acero mínimo (As=3.50cm), con los momentos calculados con el método 3 del ACI, se establece que el área de acero mínimo es capaz de resistir todos los momentos calculados.

Tabla 9.

Tabla resumen de armado de losa

As (cm)	Espaciamiento (cm)	No varilla	M_u(kg-m)
3.94	20	No. 3	606

Nota. Detalle de armado de losa. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.7.9. Sistema de desinfección

La cloración, es el procedimiento que se le da al agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados como el hipoclorito de calcio, sodio y tabletas de tricloro. En este caso se utilizará un hipo clorador automático de pastillas de tricloro, instalado en serie con la tubería de impulsión a la entrada del tanque de distribución. El caudal por tratar será el caudal de bombeo durante un día de trabajo 1.435 l/s, siendo un total de 61.992 litros diarios.

Las pastillas de tricloro, según el fabricante se venden en presentación de 200 gramos, diámetro de 3 pulgadas, 1 pulgada de espesor y una solución de 90 % de cloro y 10 % de estabilizador. La velocidad a la que se disuelven las pastillas de cloro con de 24 horas cada 15 gramos. Para determinar la cantidad de tabletas al mes, se usará la siguiente expresión:

$$G = \frac{CMD}{\%CL}$$

Donde:

G= gramos de tricloro

C= miligramos por litros deseados

M= litros de agua a tratarse por día

D= número de días

%CL= concentrado de cloro

La cantidad de gramos de tricloro por litro oscila en 0.07 a 0.15 mg, este depende del caudal de bombeo a tratar. En este proyecto se usará el valor de 0.1 mg, por lo tanto:

$$G = \frac{0.001 * 61\,992 \frac{l}{dia} * 30 dia}{0.9} = 2{,}066.4$$

Por lo antes descrito, se establece que se necesitan 11 tabletas mensuales.

2.1.7.10. Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías que distribuyen el agua a los puntos de consumo. Este sistema se diseñó por medio de ramales abiertos por la dispersión de las viviendas, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El caudal de hora máxima Qmh, como caudal de diseño
- En cada nudo, el caudal de entrada es igual al caudal de salida
- La presión dinámica oscila de 10 a 60 m.c.a.
- La velocidad en la red de distribución oscila entre 0.4 y 3.0 m/s respectivamente.
- La selección de diámetro de la red se hace por medio de la ecuación de Hazzen Williams, verificando presiones y velocidades mínimas y máximas.

2.1.7.10.1. Caudal por vivienda (Qv)

El caudal por vivienda está dado por el caudal máximo horario entre el número de viviendas futuras, expresada de la siguiente manera:

$$Q_v = \frac{Qmh}{No\ viviendas} = \frac{0.96 l/s}{689} = 0.0014\ l/s$$

2.1.7.10.2. Caudal de consumo por ramal (Qd)

Es el caudal de consumo por ramal, el cual se determina de la siguiente manera:

$$Qd = Q_v * (No\ habitantes)$$

2.1.7.10.3. Diseño del tramo No. 1 (E-111 A E-220)

Datos:

Cota E-111: 2,010.043 m

Cota E-220: 1,951.074 m

DH: 367.17 m

Qmh: 0.96 l/s

C: 150

P. futura: 689 hab.

C. futura: 138 viviendas

- Longitud de diseño:

$$Dh_d = 367.17x1.05 = 385.53\,m$$

- Total, de tubería a utilizar:

$$T_{tubos} = \frac{385.53}{6} = 65\ tubos$$

- Habitantes proyectados

$$No.hab_{actuales} = ConexionesActual_{ramal} * Densidad\ poblacional$$
$$= 75vivienda * 5hab/vivienda = 375\ hab.$$

$$No.hab_{futuros} = No.hab_{actuales}(1 + tasa_{crecimiento})^{periodode\ diseño}$$
$$= 375hab * (1 + 0.028)^{22años} = 689hab$$

- Carga disponible:

$$Carga\ disponible = CP - Cota\ E_{final} = 2{,}010.043 - 1{,}951.074 = 58.97\,m$$

- Caudal de diseño:

$$Q_d = Q_v * No.hab_{f.ramal} = 0.0014l/s * 689hab = 0.96l/s$$

- Calculo diámetro teórico, por medio de la ecuación de Hazzen Williams:

$$\phi = \left(\frac{1{,}743.811 * Dh_d * Q_d^{1.85}}{c^{1.85} * h_f}\right)^{1/4.87}$$

$$\phi = \left(\frac{1{,}743.811 * 385.53 * 0.96^{1.85}}{150^{1.85} * 58.94}\right)^{1/4.87} = 1.00\ plg$$

Teniendo en cuenta el diámetro teórico, se hace la selección de un diámetro comercial a 1 pulgada con las siguientes características:

Tabla 10.

Tubería de PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior	
Mm	Plg.	Mm	Plg.	Mm	Plg.	Mm	Plg.
25	1	33.40	1.315	1.52	0.060	30.35	1.195

Nota. Dimensiones nominales de tubería de PVC. Obtenido de la Norma Técnica Guatemalteca (2013). *Tuberías de plástico. Tubos de poli (cloruro de vinilo), PVC, (SDR-PR) para conducción de agua fría a presión.* (https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9_otros_materiales_de_construccion/ntg_19_003_astm_d2241_12.pdf*),* consultado el día 10 de enero de 2023. De dominio público.

- Cálculo de la velocidad, verificar que cumpla con los límites:

$$V = 1.974 * \frac{Q_d}{D_i^2} = 1.974 * \frac{0.96\frac{l}{s}}{1.195 plg^2} = 1.32\ m/s \qquad \text{Si cumple}$$

- Cálculo de pérdida de carga hf:

$$h_f = \frac{1{,}743.811 * 385.53 * 0.96^{1.85}}{150^{1.85} * 1.195^{4.87}} = 24.53\ m$$

- Cálculo de la cota piezométrica (m):

$$CP = CotaE_{inicial} - h_f = 2\,010{,}043m - 24.53m = 1{,}985.52m$$

- Calculo presión hidrodinámica:

$$P_{hidrodinamica} = CP - CotaE_{final} = 1{,}985.52m - 1\,951{,}074m = 34.44\ m.c.a.$$
$$P_{hidrodinamica} = 49.00\ psi$$

Conociendo la presión hidrodinámica o presión de trabajo, se determina la presión a la cual será sometida la tubería en el tramo. En este caso se usará la tubería de clase 160 que cumple con la presión de trabajo (160 psi > 49 psi)

Calculo presión hidrostática:

$$P_{hidrostatica} = CotaE_{inicial} - CotaE_{final} = 2\,010{,}043 - 1\,951{,}074 = 58.969m$$

Tabla 11.

Resumen diseño red de distribución

Est	Po	Cota de terreno	Dhd	Carga disponible (m)	Qd	Diámetro			V [m/s]	Hf real	Cp (m)	Presión dinámica [m]	Presión estática [m]
						Ø teórico (plg)	Ø (plg)	Øi (plg)					
E111	E220	1951.07	385.53	58.97	0.96	1	1	1.2	1.32 ok	24.53	1985.52	34.44	58.97
E220	E281	1937.02	124.55	48.49	0.29	0.53	0.5	0.72	1.13 ok	10.81	1974.71	37.69	73.02
E281	E286	1939.01	45.28	35.69	0.06	0.25	0.5	0.72	0.25 ok	0.23	1974.48	35.46	71.03
E281	E305	1946.76	138.17	27.95	0.19	0.51	0.5	0.72	0.74 ok	5.42	1969.29	22.53	63.28
E305	E314	1947.58	45.8	21.71	0.08	0.3	0.5	0.72	0.3 ok	0.34	1968.95	21.38	62.47
E305	E334	1932.71	212.67	36.58	0.09	0.4	0.5	0.72	0.35 ok	2.07	1967.22	34.51	77.33
E220	E377	1934.15	309.48	51.37	0.47	0.75	0.75	0.93	1.09 ok	18.46	1967.06	32.91	75.9
E377	E383	1925.62	48.87	41.44	0.03	0.18	0.5	0.72	0.1 ok	0.05	1967.01	41.4	84.43
E377	E426	1918.33	177.11	48.73	0.18	0.47	0.5	0.72	0.69 ok	6.13	1960.93	42.6	91.71

Nota. Cuadro resumen del cálculo hidráulico de la red de distribución. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.7.10.4. Conexiones prediales

La conexión predial está conformada por: un chorro de 1/2 pulgada, vástago de PVC de 1/2, llave de paso, llave de control. Este servicio es el más recomendable desde el punto de vista de higiene y salud en el área rural, así como el bajo costo de construcción.

2.1.7.10.5. Obras hidráulicas

Dentro de las obras hidráulicas que se construyen en los proyectos de abastecimiento de agua potable, se encuentran: válvulas de limpieza, válvulas de aire, válvulas de aire, válvulas de control, caja rompe presión, tanque de succión y conexiones prediales. En este proyecto se incorporaron válvulas de control en la salida de la bomba, al ingreso del tanque de succión, en el ingreso y salida del tanque de distribución y válvulas de cheque en las estaciones E111 y E220.

2.1.7.10.6. Válvulas de control

Estas válvulas son de mayor uso en la captación y en el tanque de distribución, su función principal es aislar una sección de la tubería, permitiendo la inspección o mantenimiento de la misma, colocándose en la salida del tanque de succión y en el ingreso del tanque de distribución.

2.1.7.10.7. Válvulas de cheque horizontal

Su función principal es la de retener la masa de agua que se encuentre en la tubería cuando esta suspende su funcionamiento, evitando la sobrepresión en la bomba. Su uso es importante ya que evita el daño al motor ocasionado por el giro inverso del mismo.

2.1.7.10.8. Elaboración de planos

Los planos constructivos elaborados para el sistema de abastecimiento de agua potable son los siguientes: planta de conjunto, captación y área de bombeo, curvas de nivel, planta perfil de la línea de impulsión y red de distribución, detalles estructurales de tanque de distribución y succión y detalles de obras hidráulicas ver apéndice.

2.1.7.10.9. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se realizó a base de precios unitarios, tomando como referencia los precios de los materiales indicados en los planos finales. La mano de obra se aplicaron los salarios que la municipalidad tienen definidos para proyectos similares, en cuanto a costos indirectos se aplicó a 30 % cotizada fue basado a los precios oscilantes en el municipio de Cunén y sus municipios colindantes. A continuación, se muestra un resumen de la integración de costos:

Tabla 12.

Resumen de renglones

Renglones de trabajo						
No.	**Descripción del renglón**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio unitario**		**Total**
1	Trabajos preliminares	ML	1862.5	Q 1.5	Q	2,793.75
2	Replanteo topográfico	ML	1862.5	Q 2.5	Q	4,656.25
3	Caseta de bombeo	U	1.0	Q 22,500.0	Q	22,500.00
4	Bomba de 5 hp sumergible con accesorios e instalación eléctrica	U	1.0	Q 25,500.0	Q	25,500.00
5	Tanque de succión (20 m3)	M3	20.0	Q 3,125.5	Q	62,510.00
6	Sistema de captación	U	1.0	Q 14,650.0	Q	14,650.00
7	Línea de impulsión	ML	425.0			
7.1	Línea de impulsión tubería PVC 2 plg c250	Ml	93.0	Q 98.5	Q	9,160.50
7.2	Línea de impulsión tubería PVC 2 plg c160	Ml	332.0	Q 67.0	Q	22,244.00
8	Tanque de distribución	M3	30.0	Q 3,215.5	Q	96,465.00

Continuación de la tabla 12.

No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
9	Hipoclorador	U	1.0	Q 12,800.0	Q 12,800.00
10	Red de distribución	Ml	1436.5	Q 75.0	Q107,737.50
10.1	Red de distribución tubería PVC 1/2 plg. C315	Ml	792.5	Q 21.5	Q 17,038.75
10.2	Red de distribución tubería PVC 3/4 plg. C250	Ml	309.5	Q 27.5	Q 8,511.25
10.3	Red de distribución tubería PVC 1 plg. c160	Ml	385.5	Q 33.5	Q 12,914.25
11	Conexiones domiciliares	U	138.0	Q 1,200.0	Q165,600.00
12	Instalación de línea monofásica	ML	100.0	Q 350.0	Q 35,000.00
13	Caja válvula de compuertas	U	2.0	Q 3,200.0	Q 6,400.00
14	Caja válvula de control	U	2.0	Q 3,300.0	Q 6,600.00
15	Caja válvula de cheque	U	3.0	Q 2,800.0	Q 8,400.00
				TOTAL	Q641,481.25

Nota. Detalle de presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.7.10.10. Propuesta de tarifa

Para determinar la tarifa mensual por vivienda, debe realizarse un análisis de costos mensuales, a continuación, se presenta una propuesta de gastos:

Tabla 13.

Propuesta de tarifa

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Plomero	U	1.00	Q 550.00	Q 550.00
2	Administración	U	1.00	Q 400.00	Q 400.00
3	Gastos de energía	U	1.00	Q 1478.52	Q 1478.52
4	Tabletas	U	11.00	Q 25.00	Q 275.00
6	Electricista	U	1.00	Q 650.00	Q 650.00
					Q 3,353.52

Nota. Detalle de presupuesto para el mantenimiento y funcionamiento del sistema. Elaboración propia, realizado con Excel.

Teniendo en cuenta 138 conexiones, se propone una tarifa de Q 24.50 por vivienda mensualmente.

2.2. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San Siguán 1, Santa María Cunén, Quiche

En los siguientes incisos se describe el diseño de abastecimiento de agua potable.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo y gravedad; la comunidad cuenta con una población de 370 habitantes; debido a la dispersión de las viviendas se diseñará una red de distribución abierta. El sistema cuenta con 2829 metros estimados de tubería, un tanque de captación (25 m^3), caseta de bombeo, línea de conducción por impulsión, tanque de distribución (30 m^3), sistema de desinfección y red de distribución por ramales abiertos, La fuente es un brote definido en ladera y el servicio será tipo predial.

2.2.1.1. Vista preliminar

La visita de campo se realizó con autoridades comunitarias, donde se establecieron los linderos de derecho de paso, reconocimiento de los predios donde se encuentra la fuente de abastecimiento y el lugar cedido donde se construirá el tanque de distribución, ambos predios cuentan con acceso a energía eléctrica.

2.2.2. Fuentes de agua

La fuente que suministrara el caudal necesario para abastecer a la comunidad es un nacimiento que se encuentra ubicado a 500 metros del área a servir, este se encuentra en un predio propiedad de la comuna.

2.2.2.1. Aforo de la fuente

El aforo se realizó por medio del método volumétrico, determinando el tiempo de llenado de recipiente de 20 litros, dando como resultado un caudal de 0.825 l/s.

2.2.3. Calidad del agua

Para determinar la calidad del agua es importante tener en cuenta las características químicas, físicas y bacteriológicas, para establecer si el agua es apta o no para el consumo humano, garantizando así la calidad bacteriológica y sanidad del agua.

2.2.3.1. Examen bacteriológico

La calidad del agua se determinó mediante un examen bacteriológico, el cual se realizó a través del Ministerio de salud pública y asistencia social, en la dirección del área de salud del municipio de Nebaj, Quiché, ver informe en anexo.

La muestra da como resultado un numero incontable de colonias en bacterias y heces fecales, con un PH de 7.5 se recomienda incorporar un sistema de desinfección con hipoclorito de calcio descrito en 2.2.7.9.

2.2.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó como método directo con una estación total. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Estación total marca Kolida KTS-442 LLC
- GPS marca Garmin
- Cinta métrica de 50 m
- Bastón y prisma de presión
- Estacas de madera, pintura, clavos, martillo, entre otros.

2.2.5. Bases para diseño hidráulico

Para diseñar el sistema de agua potable, es importante considerar lo siguiente:

2.2.5.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño para este proyecto es de 22 años, los factores influenciables para optar por este criterio son la capacidad de administración, gestión y el método constructivo.

2.2.5.2. Crecimiento poblacional

El crecimiento población, es el incremento de habitantes en un espacio y tiempo determinado según una tasa de crecimiento obtenida por registros estadísticos.

2.2.5.2.1. Método geométrico

El método geométrico consiste en calcular la población con base a la tasa de crecimiento poblacional registrado por el (INE, 2003).

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

Donde:

P_f = población futura

P_a = población actual = 370 habitantes

r = tasa de crecimiento = 2.8 %

n = periodo de diseño en años = 22 años

$$P_f = 370 * (1 + 0.028)^{22} = 680\ habitantes$$

2.2.5.3. Dotación

La dotación por habitante diaria para este este proyecto será de 60 l/hab./día.

2.2.6. Factores de consumo y caudales de diseño

El consumo de agua varia directamente por la localidad de la comunidad y población, por ello es importante tomar en cuenta factores de amplificación que compensan la variación de consumo en un tiempo específico.

2.2.6.1. Consumo medio diario

Llamado también como caudal medio diario, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_{md} = \frac{Dotacion * Poblacion_f}{86{,}400}$$

$$Q_{md} = \frac{60\ l/hab/dia\ * 680\ hab}{86{,}400}$$

$$Q_{md} = 0.47\ l/s$$

2.2.6.2. Consumo máximo diario

Llamado también como caudal de conducción, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_{max.diario} = fdm * Q_{md}\left[\frac{l}{s}\right]$$

$$Q_{max.diario} = 1.5 * 0.47\left[\frac{l}{s}\right]$$

$$Q_{max.diario} = 0.71\left[\frac{l}{s}\right]$$

2.2.6.3. Consumo máximo horario

Llamado también como caudal de distribución, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = Q_{md}\left[\frac{l}{s}\right] * Fmh$$

$$Q_{mh} = 0.47 \left[\frac{l}{s}\right] * 2.00$$

$$Q_{mh} = 0.94 \left[\frac{l}{s}\right]$$

2.2.6.4. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo es inversamente proporcional al tiempo del funcionamiento del sistema, para este proyecto se estima un tiempo de trabajo de 12 horas. El caudal se determina con la siguiente expresión:

$$Q_b = \frac{Q_{max.diario} * 24\ horas\ diarias}{No.horas\ de\ bombeo}$$

$$Q_b = \frac{0.71\ \left[\frac{l}{s}\right] * 24\ horas\ diarias}{12\ horas}$$

$$Q_b = 1.417\ \left[\frac{l}{s}\right]$$

2.2.7. Diseño hidráulico de los componentes

Los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable tienen como parte fundamental el diseño de la línea de conducción y distribución, para el cual debe considerarse los siguientes aspectos:

2.2.7.1. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

La fórmula empírica de Hazen Williams es utilizada para el cálculo de pérdidas de carga en el diseño de líneas de conducción y redes de distribución. Mediante la siguiente expresión:

$$H_f = \frac{(1{,}743.811) * (L) * Q^{1.85}}{c^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

H_f= pérdida de carga en metros

$C =$ coeficiente de fricción de la tubería, depende de la rugosidad del material, para tuberías de PVC se adoptará el valor de 150 adimensional

$D =$ diámetro interno en pulgadas

$L =$ longitud de diseño en metros

$Q =$ caudal en litros por segundo

2.2.7.2. Clases y presiones de trabajo de tuberías

La clase y las presiones de trabajo en tuberías (PVC), se encuentra directamente relacionadas con el espesor de pared (SDR), para este proyecto se utilizarán las siguientes:

- SDR 17, presión de trabajo de 250 PSI (176 m.c.a.)
- SDR 26, presión de trabajo de 160 PSI (113 m.c.a.)
- SDR 13.5, presión de trabajo de 315 PSI (221 m.c.a.)
- Tubería de acero galvanizado (Hg) cedula 40

2.2.7.3. Velocidades y presiones máximas y mínimas

En Guatemala hay diferentes recomendaciones y normativos entre ellas INFOM-UNEPAR que considera los siguientes límites:

- “Para conducciones: mínima de 0.40 m/s y máxima de 3.00 m/s
- Para distribución: máxima de 0.60 m/s y máxima de 3.00” (INFOM, 2004, p. 11).

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las bases del diseño hidráulico

Tabla 14.

Bases generales de diseño

Fuente	Nacimiento
Aforo	0.852 l/s
Sistema	Bombeo
Tipo de servicio	Predial
Conexiones actuales	74
Densidad poblacional	5 hab./vivienda
población actual	370 hab.
Tasa de crecimiento	2.8 %
Periodo de diseño	20 años
Tiempo de gestión	2 años
Periodo de diseño equipos de bombeo	10 años
Dotación	60 l/hab./día
Población proyectada	680 hab.
Factor máximo diario (FMD)	1.5
Factor máximo horario (FMH)	2
Conexiones futuras	138
Caudal medio diario QM	0.47 l/s
Caudal máximo diario QMD	0.71 l/s
Caudal máximo horario QMH	0.94 l/s
Factor de tanque de distribución	0.65
Volumen tanque de impulsión	25 m3
Volumen tanque de distribución	30 m3

Nota. Bases de diseño para un sistema de abastecimiento de agua potable. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.7.4. Diseño de la captación

Para este proyecto se propone una captación típica, de componentes y lineamientos constructivos descritos a continuación:

- Filtro de piedra bola, grava y arena de rio
- Tubería de Rebalse
- Tubería de desagüe
- Sistema de desarenador
- Se usará concreto ciclópeo, para no alterar la calidad del agua
- Se colocarán capas de arena, piedrín y piedra como filtros, evitando que se capte mucha materia orgánica e inorgánica.
- Se protegerá la captación con un cerco perimetral de alambre espigado.
- Los muros de piedra en las laderas deben de ser impermeabilizadas en sus caras exteriores con un mortero de cemento y arena en proporción 1:2
- Deberá conservarse las condiciones naturales del lugar de captación y mantener las áreas libres de maleza, desechos y no deforestarla.

2.2.7.5. Tanque de succión

El depósito de succión o impulsión tiene como objetivo primordial servir como reservorio de agua, proveniente de la captación de la fuente. El volumen se obtiene con la siguiente expresión:

$$VTS = (Caudal\ bombeo - Caudal\ fuente) * (tiempo\ de\ bombeo)$$

Datos:

Caudal de la fuente: 0.852 l/s

Caudal de bombeo: 1.417 l/s

Tiempo de bombeo: 12 hr.

Se calcula el volumen del tanque de succión:

$$VTS = \left(1{,}417\,\frac{l}{s} * 0.852\,\frac{l}{s}\right) * \left(12\ hr. * 3600\,\frac{s}{hr}\right)$$

$$VTS = 24{,}390.18\ l = 25\ m3$$

Por lo tanto, se determina que el volumen del tanque de succión será de 20 m3, diseño estructural ver apéndice.

2.2.7.6. Línea de impulsión

- Diámetro económico

$$De = \sqrt{1{,}974 * \frac{Q_B}{v\ \frac{m}{s}}}$$

Donde:

De = diámetro económico

QB = caudal de bombeo

V = velocidad del fluido

$$De_1 = \sqrt{1.974 * \frac{1.417\ l/s}{0.6\frac{m}{s}}} = 2.15\ plg.$$

$$De_2 = \sqrt{1.974 * \frac{1.417\ l/s}{2.0\frac{m}{s}}} = 1.18\ plg.$$

Se evaluarán los diámetros contenidos en 1.18 y 2.15 pulgadas, con diámetros comerciales se propone 1 ½ y 2 pulgadas respectivamente, para determinar las pérdidas de carga en cada tubería por medio de la ecuación de Hazen Williams.

Datos:
L= 544.13 m
Q= 1,417 l/s
C= 150
Di= Diámetro

$$h_{f2''} = \left(\frac{1{,}743.811 * 544.13 * 1.05 * 1.417^{1.85}}{150^{1.85} * 2.193^{4.87}}\right) = 3.90\ m$$

$$h_{f1\ 1/2\ ''} = \left(\frac{1{,}743.811 * 544.13 * 1.05 * 1.417^{1.85}}{150^{1.85} * 1.754^{4.87}}\right) = 11.59\ m$$

2.2.7.6.1. Carga dinámica total

La carga dinámica total se obtiene de la siguiente manera:

$$CDT = H_d + H_f + H_v + H_m$$

Donde:
$N_d =$ altura del nivel dinámico a la boca del tanque de succión
$H_d =$ diferencia de cotas entre el tanque de succión y el tanque de distribución
$H_f =$ pérdida de impulsión
$H_v =$ pérdida de velocidad en la tubería
$H_m =$ pérdidas menores por accesorios

- Cálculo de pérdida diferencia entre tanques

$$N_d = 0.663\ m$$
$$H_d = 2037.52\ m - 1911.00\ m = 126.52\ m$$

- Cálculo de la pérdida de impulsión

$$H_{f2''} = \frac{1{,}743.811 * 544.13m * 1.05 * 1.417l/s^{1.85}}{150^{1.85} * 2.193^{4.87}} = 3.90\ m$$
$$H_{f1\ 1/2''} = \frac{1{,}743.811 * 544.13m * 1.05 * 1.417l/s^{1.85}}{150^{1.85} * 1.754^{4.87}} = 11.59\ m$$

- Cálculo de la pérdida de velocidad para la tubería 2 plg.

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

Donde:

$$v = \frac{1.974 * Q_B}{d^2} = \frac{1.974 * 1.417}{2.193^2} = 0{,}58\ m/s$$
$$H_v = \frac{(0.60m/s)^2}{2(9.81m/s^2)} = 0.018\ m$$

- Cálculo de la pérdida de velocidad para la tubería 1 1/2 plg.

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

Donde:

$$v = \frac{1.974 * Q_B}{d^2} = \frac{1.974 * 1.417}{1.754^2} = 0.91\ m/s$$

$$H_v = \frac{(0.91 m/s)^2}{2(9.81 m/s^2)} = 0.042\ m$$

- Cálculo de la pérdida por accesorios

$$H_{m2,,} = 0.10 * 3.90 = 0{,}39\ m$$

$$H_{m1\ 1/2,,} = 0.10 * 11.59 = 1.16\ m$$

Por lo cual se obtiene la carga dinámica total:

$$CDT_{2,,} = 0.663m + 126.52m + 3.90m + 0.018m + 0.390m = 131{,}491\ m$$

$$CDT_{1\ 1/2,,} = 0.663m + 126.52m + 11.59m + 0.042m + 1.16m = 139.975\ m$$

Tabla 15.

Resumen carga dinámica total

Diámetro	CDT (m)
2 plg.	131.491
1 1/2 plg.	139.975

Nota. Cuadro resumen de la carga dinámica total. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Cálculo de potencia

$$POT = \frac{Q_B\ * h_f}{76 * e}$$

Donde:

POT = potencia de la bomba

QB = caudal de bombeo

Hf = pérdida de carga

e = eficiencia de la bomba, 60 % en este caso

$$POT_{2,,} = \frac{1.417 * 131.491}{76 * 0.60} = 4.08\ HP$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = \frac{1.417 * 139.975}{76 * 0.60} = 4.35\ HP$$

- Potencia en kW

$$POT_{2,,} = 4.08HP * 0.745KW = 3.04kW$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = 4.35HP * 0.745KW = 3.24kW$$

- Calculo total de horas de bombeo por mes

$$No.horas = \left(\frac{12\ hr}{dia}\right) * \left(\frac{30\ dia}{mes}\right) = 360\ hr$$

- Cálculo de potencia mensual

$$POT_{2,,} = 3.04kW * 360\frac{hr}{mes} = 1{,}094.4\ kW/mes$$

$$POT_{1\ 1/2,,} = 3.24kW * 360\frac{hr}{mes} = 1{,}166.4\ kW/m$$

A continuación, se muestra el costo mensual de bombeo para la tubería de 2 y 1 1/2 pulgadas, sabiendo que el precio por kW de consumo es de 1.85 quetzales:

Tabla 16.

Costo mensual de bombeo

Diámetro	Potencia mensual (kW-hr/mes)	Precio unitario	Costo mensual
2''	1,094.4	Q. 1.85	Q.2,024.64
1 1/2''	1,166.4	Q. 1.85	Q.2,157.84

Nota. Cuadro resumen del costo de consumo de energía. Elaboración propia, realizado con Excel.

Mediante el análisis comparativo de costos por kW de consumo mensual, se puede comprobar que el diámetro optimo a utilizar en la línea de impulsión será el de 2 pulgadas, el cual presenta una menor pérdida de carga.

2.2.7.7. Diseño de equipo de bombeo

Para que el sistema sea funcional debe de considerarse, altura de bombeo, tipo de bomba, eficiencia, alimentación y tiempo de bombeo, características que se irán conociendo posteriormente.

2.2.7.7.1. Sobre presión por golpe de ariete

El golpe de ariete se produce por la disminución súbita de la velocidad del fluido causando un choque dentro de la tubería, generando una sobrepresión interna produciendo daños irreversibles en la tubería, esta se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$G.A = \frac{1420 * v}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

$G.A =$ golpe de ariete

$v =$ velocidad (m/s)

$K =$ módulo de elasticidad volumetría del agua ($K = 2{,}07 * 10^4\ kg/cm^2$)

$E =$ módulo de elasticidad del material de la tubería ($E = 3 * 10^4 kg/cm^2$)

$D_i =$ diámetro interno de la tubería (mm)

$e =$ espesor de la pared de la tubería (mm)

$$G.A = \frac{1420 * 0.58}{\sqrt{1 + \frac{20700}{30000} * \frac{55{,}7mm}{2.31mm}}} = 196.61\ m.c.a$$

- Cálculo de sobre presión

$$\Delta P = \frac{G.A}{g} = \frac{196.61}{9.81} = 20.0\ m.c.a.$$

La presión máxima de trabajo se obtiene con la suma de la carga dinámica total y la sobre presión producida por el golpe de ariete, determinando así la clase de tubería a utilizar.

$$P_{max} = 131.491\ m.c.a. + 20.0\ m.c.a. = 151.5\ m.c.a.$$

La presión máxima a la cual estará sometida la tubería de la línea de impulsión será de 151.5 m.c.a. por lo cual se propone utilizar 3 clases de tubería, mediante una relación de triángulos se propone utilizar 359 metros de tubería de 2 pulgadas (clase 160) sometida a una presión de trabajo 90 m.c.a., 143 metros de tubería de 2 pulgadas (clase 250) sometida a una presión de trabajo de 140 m.c.a. y 42.13 metros de tubería de acero galvanizado (cedula 40) garantizando cubrir la presión máxima. Se recomienda utilizar, en cada cambio

de tubería, colocar válvulas de alivio (cheque horizontal), para protección de la tubería y equipo de bombeo.

2.2.7.7.2. Potencia de la bomba

La potencia de la bomba se determina mediante la siguiente expresión:

$$POT = \frac{CDT * Q_B}{76 * e}$$

Donde:

$POT =$ potencia de la bomba

$CDT =$ carga dinámica total

$Q_B =$ caudal de bombeo

$e =$ eficiencia de la bomba

$$\Delta P = \frac{131{,}491 * 1.417}{76 * 0.60} = 4{,}08\ HP$$

2.2.7.7.3. Especificación del equipo de bombeo

Para este sistema se utilizará una bomba sumergible, de 5 HP de potencia, funcionará con energía eléctrica, con un rendimiento de 25 GPM, un periodo de bombeo de 12 horas, eficiencia no menor de 60 % y se recomienda por parte del fabricante colocar válvulas de alivio (cheque horizontal) a la salida de la bomba para evitar presiones negativas. Debe contar como mino con las siguientes características:

- Cabezal de descarga
- Accesorios para enganche
- Válvulas de alivio (cheque horizontal)
- Válvula de retención
- Sujetador de rodamiento
- Centrifugas e impulsores
- Tubo de caída
- Tamiz de entrada
- Conexión eléctrica
- Motor eléctrico

2.2.7.7.4. Caseta de bombeo

Es un espacio que debe albergar el equipo y dispositivos de maniobra del sistema de bombeo, que permita la facilidad de mantenimiento, montaje y desmontaje del mismo, en este caso se construirá en la estación EC-0. Ver planos en apéndice.

2.2.7.8. Tanque de distribución

El volumen del tanque de distribución se diseñará utilizando un factor de 65 %, para tener una reserva suficiente de agua.

$$Vol_t = Q_m * \%almacenamiento * 86{,}4\ m^3$$

Donde:

$Vol_t =$ volumen del tanque

$Q_m =$ caudal medio diario

$$Vol_t = 0{,}47\frac{l}{s} * 0.65 * 86{,}4 = 26{,}40m^3$$

Se propone construir un tanque de 30.00 metros cúbicos, semienterrado con dimensiones de 3 metros de ancho, 5 metros de largo y 2.80 metros de alto respectivamente.

2.2.7.8.1. Diseño estructural tanque de distribución

El tanque se diseñará con una estructura a base de muros de gravedad de concreto ciclópeo y cubierta de concreto reforzado.

2.2.7.8.2. Diseño del muro de gravedad

Datos:

Peso específico del agua (γ_{agua}) $= 1{,}000\ kg/m^3$

Peso específico del suelo (γ_s) $= 1{,}500\ kg/m^3$

Peso específico concreto ciclópeo ($\gamma_{\ ciclo}$) $= 2{,}500\ kg/cm^3$

Peso específico del concreto γ_{cc}) $= 2{,}400\ kg/m^3$

Valor soporte del suelo (v_s) $= 10\ t/m\ (asumido)$

Angulo de fricción (φ) $= 30°(asumido)$

Cabe mencionar que la condición crítica del muro sucede cuando el tanque se encuentra lleno, se obtiene lo siguiente:

- Calculo presión activa (PA)

$$P_A = \frac{1}{2} * \gamma_{agua} * \frac{h^2}{1000}$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 1\,000 kg/m^3 * \frac{2{,}30^2}{100} = 2{,}65\ t/m$$

- Cálculo del momento de volteo, debido a la presión activa (Mact)

$$M_{act} = P_A * \frac{h}{3} = 2{,}65 \frac{t}{m} * \left(\frac{2.00}{3} + 0.3 + 0.3\right) = 3.35\ t - m$$

- Cálculo del empuje pasivo

$$Ep = k_p * \gamma_s * \frac{h^2}{2}$$

Donde:

$E_p =$ Presión pasiva de Ranking

$$k_p = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} = \frac{1 + \sin(30)}{1 - \sin(30)} = 3$$

$$Ep = 3 \frac{1\,500 \frac{kg}{m^3}}{1\,000} * \frac{0{,}60^2}{2} = 0.81 t/m$$

- Cálculo de momento de volteo, debido a la presión pasiva (Mp)

$$M_p = 0.81 \frac{t}{m} * \frac{0{,}60m}{3} = 0.16\ t - m$$

- Cálculo del peso y momento de los empujes que actúan al pie del muro

$$P_{losa+viga} = \left(CU * \frac{A_{tributaria}}{L}\right) + (\gamma_{cc} * seccion\ viga * 1.2)$$

$$P_{losa+viga} = \left(716\frac{kg}{m^2} * \frac{5.25\ m^2}{5}\right) + \left(2{,}400\frac{kg}{m^3} * 0.20m * 0.15m * 1.2\right)$$

$$P_{losa+viga} = 838.20\ \frac{kg}{m} = 0.84t/m$$

En la siguiente tabla se muestra un cuadro resumen del cálculo de áreas, pesos y momentos actuantes debido al peso y presión pasiva.

Tabla 17.

Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro

Figura	Área m^2	t/m^3	Carga t/m	Brazo m	Momento $t-m$
1	0.84	2.5	2.10	1.35	2.84
2	0.72	2.5	1.80	0.60	1.08
3	1.32	2.5	3.30	0.80	2.64
$\mathbf{M_p}$			0.81	0.20	0.16
$\mathbf{P_{losa+viga}}$			0.84	1.35	1.13
$\sum$			8.85		7.85

Nota. Resumen de áreas, peso y momentos actuantes sobre el muro. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Verificación de la estabilidad contra el volteo:

$$F_{sv} = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum M_{activos}} > 1.5$$

$$F_{sv} = \frac{7.84t-m}{3.35t-m} = 2.34 > 1.5 \text{ sí chequea}$$

- Verificación contra el deslizamiento

$$Fs_D = \frac{\sum F_{pasivo} * X_\mu}{\sum F_{activo}} \geq 1.5$$

Donde:

$$X_\mu = 0.90 * tg(30)$$

$$Fs_D = \frac{8.85*0.90*tg(30)}{2.65} = 1.74 \geq 1.5 \text{ sí chequea.}$$

- Verificación de la presión sobre la base del muro

$$X = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum f_{muro}} = \frac{1.13+6.55\pm3.35}{0.84+7.2} = 0.54 \geq \frac{B}{3} = \frac{1.5}{3} = 0.5 \qquad \text{Si chequea.}$$

- Cálculo de excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - x$$

$$e = \frac{1.5}{2} - 0.54 = 0.21m$$

- Cálculo de presiones máximas y mínimas

$$P_{max} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{8.04}{1.5} * \left(1 + \frac{6*0,21}{1.5}\right) = 9.87t/m^2 \leq Vs = 10\ t \qquad \text{sí chequea.}$$

$$P_{min} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{8.04}{1.4} * \left(1 - \frac{6*0,21}{1,5}\right) = 0.84t/m^2 > 0 \qquad \text{sí chequea.}$$

2.2.7.8.3. Diseño de la losa del tanque

Datos:

$a = 3.00\ m$ $\quad Carga\ viva = 200\ kg/m^2$ $\quad S.C = 90\ kg/m^2$

$b = 5.00\ m$ $\quad \Upsilon cc = 2{,}400\ kg/m^3$

- Cálculo de β, determinar la trabajabilidad de la losa

$$\beta = \frac{3.0}{5.0} = 0.6 \geq 0.5 \qquad \text{2 sentidos}$$

- Cálculo de espesor de losa

$$t = \frac{Perimetro}{180} = \frac{500 * 2 + 300 * 2}{180} = \frac{1600}{180} = 8.9\ cm$$

$$t = 10\ cm$$

- Carga muerta

$$CM = \gamma_{cc} * t + S_C$$

$$CM = 2{,}400\ kg/m^3 * 0.10 + 90\ kg/m^2 = 330\ kg/m^2$$

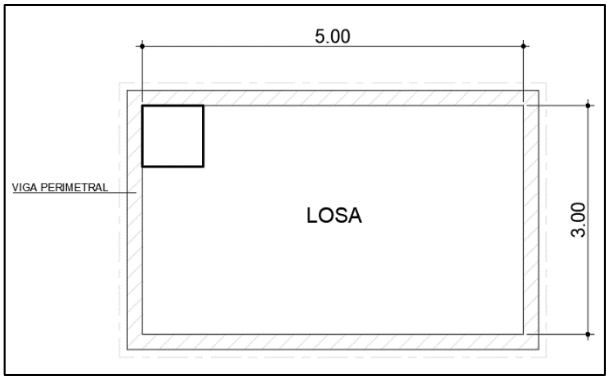
- Integración de cargas

$$CU = 1.2\ CM + 1.6CV$$

$$CU = 1.2(330\ kg/m^2) + 1.6(200 kg/m^2) = 716.0\ kg/m^2$$

Figura 4.

Dimensiones del tanque de distribución



Nota. Esquema de dimensiones del tanque de distribución. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

El cálculo de los momentos ser realizará según el método 3 del ACI (Caso 1):

- Coeficientes para momentos negativos

$$M_{aneg} = Ca * wu * A^2 = 0\ kg - m$$
$$M_{bneg} = Cb * wu * B^2 = 0\ kg - m$$

- Cálculo de momentos positivos debido a la carga muerta

$$M_{ad+} = Ca * W_{ud} * A^2 = 0.081 * 396 \frac{kg}{m^2} * 3^2 = 288.7\ kg - m$$
$$M_{bd+} = Cb * W_{ud} * B^2 = 0.01 * 396 \frac{kg}{m^2} * 5^2 = 99.0\ kg - m$$

- Cálculos de momentos positivos debido a la carga viva

$$M_{aL+} = Ca * W_{ul} * A^2 = 0.081 * 320 \frac{kg}{m^2} * 3^2 = 233.3\ kg - m$$

$$M_{bL+} = Ca * W_{ul} * B^2 = 0.01 * 320 \frac{kg}{m^2} * 5^2 = 80.0\ kg - m$$

Tabla 18.

Cuadro resumen de momentos Método 3 ACI

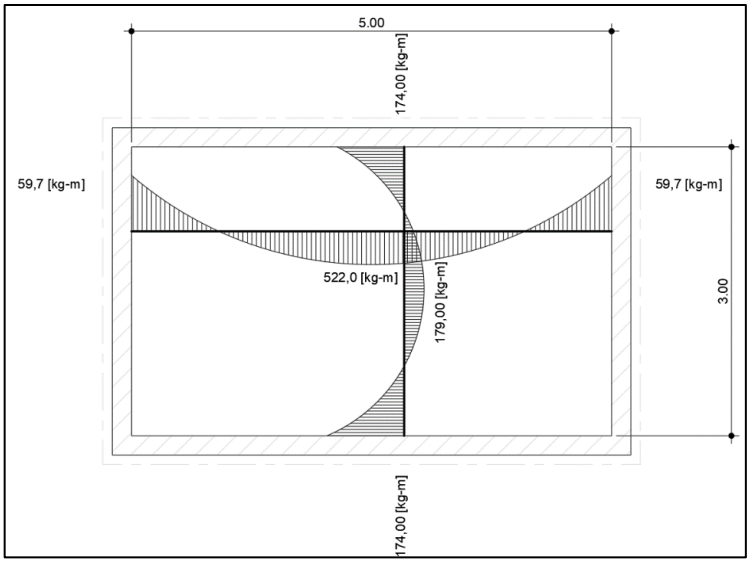
LADO	Mwu(-)	Md(+)	ML(+)	Mwu(+)	M(-)= 1/3(M+)
A	0	288.7	233.3	522	174.0
B	0	99.0	80.0	179	59.7

Nota. Cuadro resumen de momentos positivos y negativos debidos a la carga muerta y viva. Elaboración propia, realizado con Excel.

Los momentos resultantes positivos se obtienen de la suma de los momentos positivos debidos a la carga muerta y viva. En los extremos el momento negativo es un tercio del momento positivo, representados en la siguiente figura.

Figura 5.

Diagrama de momento último en losa



Nota. Diagrama de momentos positivos y negativos debido a la carga muerta y viva. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

- Cálculo del peralte d

$$d = t - rec - \frac{\emptyset_{var}}{2} = 10 - 2.5 - 0.475 = 7.03cm$$

- Cálculo del refuerzo requerido con los siguientes datos

$f'c = 210\,\frac{kg}{cm2}$ $\qquad$ $fy = 2\,810\,\frac{kg}{cm^2}$

$b = 100\,cm$ $\qquad$ $d = 7.03\,cm$

- Cálculo del área de acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14}{fy} bd = \frac{14}{2\,810} * 100 * 7{,}5 = 3.50\ cm^2$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 3t = 3(10) = 30cm$$

- Armado para A_{smin} usando varillas No 3

$$3.50\ cm^2 \quad - \quad 100cm$$
$$0.71\ cm^2 \quad - \quad S \qquad \Rightarrow \quad S = 20.0\ cm$$

- Recalculando As para un espaciamiento de S=20 cm

$$As \quad - \quad 100cm$$
$$0.71\ cm^2 \quad - \quad 20cm \quad \Rightarrow \quad A_s = 3.55\ cm \quad \text{cumple con } \mathrm{A_{smin}}$$

- Cálculo del momento último, que resiste el área de acero calculado

$$Mu = \phi(A_s fy \left(d - \frac{A_s fy}{1{,}7 f'c\ b}\right)$$

$$Mu = 0.9 * (3.94 * 2{,}8100 \left(7.03 - \frac{3.50 * 2{,}810}{1.7 * 210 * 100}\right) = 60{,}561.43\ kg - cm$$
$$Mu = 606kg - m$$

El área de acero (As=3.55 cm2), es capaz de resistir el momento ultimo de 522 kg-m, por lo que se define el armado tradicional con varillas No. 3 a un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos,

Tabla 19.

Cuadro resumen de armado de losa

$\mathbf{As}\ [\mathbf{cm^2}]$	$\mathbf{Espaciamiento}\ [\mathbf{cm}]$	**No varilla**	$\mathbf{M_u}[\mathbf{kg-m}]$
3.55	20	No. 3	606

Nota. Detalle de armado de losa. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.7.9. Sistema de desinfección

En este sistema se utilizará un hipoclorador de calcio, instalado en serie con la tubería de impulsión a la entrada del tanque de distribución, con un caudal de 1,471 l/s, siento un total de 63,547.2 litros diarios. La presentación de las tabletas de tricloro son de 200 gr con una solución de 90 % cloro y 10 % estabilizador, para determinar la cantidad de tabletas al mes, se usará la siguiente expresión:

$$G = \frac{CMD}{\%CL}$$

Donde:

G= gramos de tricloro

C= miligramos por litros deseados

M= litros de agua a tratarse por día

D= número de días

%CL= concentrado de cloro

$$G = \frac{0.001 * 61{,}992 \frac{l}{dia} * 30 dia}{0.9} = 2{,}066.4\ gr$$

La cantidad de tabletas se obtiene mediante la división de los gramos de tricloro y los gramos de presentación de las tabletas, siendo esto como resultado 11 tabletas al mes.

2.2.7.10. Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías que distribuyen el agua a los puntos de toma, este sistema se diseñó por medio de ramales abiertos por la dispersión de las viviendas y conexiones tipo predial.

2.2.7.10.1. Caudal por vivienda (Qv)

El caudal por vivienda se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_v = \frac{Qmh}{No\ viviendas} = \frac{0{,}94 l/s}{680} = 0{,}00138\ l/s$$

2.2.7.10.2. Caudal de consumo por ramal (Qd)

El caudal de consumo por ramal se obtiene de la siguiente manera:

$$Qd = Q_v * (No\ habitantes)$$

2.2.7.10.3. Diseño del tramo No1 (E20 A E21)

Datos:

Cota E20:	2,037.52 m
Cota E21:	2,034.54 m
DH:	23.49 m
Qmh:	0.94 l/s
C:	150
P. futura:	680 hab.
C. futura:	136 viviendas

- Longitud de diseño

$$Dh_d = 23{,}49x1.05 = 24{,}67\ m$$

- Total, de tubería a utilizar

$$T_{tubos} = \frac{24{,}67}{6} = 5\ tubos$$

- Habitantes proyectados en el tramo E20, E21

$$No.hab_{actuales} = ConexionesActual_{ramal} * Densidad\ poblacional$$
$$= 74vivienda * 5hab/vivienda = 370hab$$

$$No.hab_{futuros} = No.hab_{actuales}(1 + tasa_{crecimiento})^{periodode\ diseño} =$$
$$= 370hab * (1 + 0.028)^{22años} = 680hab$$

- Carga disponible

$$Carga\ disponible = CP - Cota\ E_{final} = 2\,037{,}52 - 2\,034.54 = 2{,}98\,m$$

- Caudal de diseño

$$Q_d = Q_v * No.hab_{f.ramal} = 0{,}00138 l/s * 680 hab = 0{,}94 l/s$$

- Calculo diámetro teórico, por medio de la ecuación de Hazzen Williams

$$\phi = \left(\frac{1{,}743{,}811 * Dh_d * Q_d^{1.85}}{c^{1.85} * h_f}\right)^{1/4.87}$$

$$\phi = \left(\frac{1{,}743{,}811 * 385.53 * 0.94^{1.85}}{150^{1.85} * 2.98}\right)^{1/4.87} = 1.04\ plg.$$

Teniendo en cuenta el diámetro teórico, se hace la selección de un diámetro comercial, dada la topografía de la línea de distribución se propone un diámetro de 1 1/2 pulgada para mantener las presiones mínimas en los puntos más altos, como lo es en la estación E35.

Tabla 20.

Tubería de PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior	
Mm	Plg.	Mm	Plg.	Mm	Plg.	Mm	Plg.
38	1 1/2	48.26	1.90	1.85	0.073	44.55	1.754

Nota. Dimensiones nominales de tubería de PVC. Obtenido de la Norma Técnica Guatemalteca (2013). *Tuberías de plástico. Tubos de poli (cloruro de vinilo), PVC, (SDR-PR) para conducción de agua fría a presión.* (https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9_otros_materiales_de_construccion/ntg_19_003_astm_d2241_12.pdf), consultado el día 10 de enero de 2023. De dominio público.

- Cálculo de velocidad:

$$V = 1{,}974 * \frac{Q_d}{D_i^2} = 1{,}974 * \frac{\frac{0{,}94l}{s}}{1{,}754plg^2} = 0{,}61\frac{m}{s} \qquad \text{si cumple}$$

- Cálculo de pérdida de carga hf

$$h_f = \frac{1743{,}811 * 24.67 * 0.94^{1.85}}{150^{1.85} * 1.754^{4.87}} = 0.24\ m$$

- Cálculo de la cota piezométrica (m):

$$CP = CotaE_{inicial} - h_f = 2{,}037.52m - 0.24m = 2{,}037.28m$$

- Calculo presión hidrodinámica:

$$P_{hidrodinamica} = CP - CotaE_{final} = 2{,}034.54m - 2{,}037.28m = 2.74\ m.c.a. = 4\ psi$$

Teniendo como dato la presión hidrodinámica o presión de trabajo, se procede a seleccionar la clase de tubería a utilizar teniendo en cuenta sea mayor a la presión de trabajo, para este tramo se utilizará la clase 160 que cubre los 2.82 m.c.a.

- Calculo presión hidrostática:

$$P_{hidrostatica} = CotaE_{inicial} - CotaE_{final} = 2{,}037.52 - 2{,}034{,}54 = 2.98m$$

Tabla 21.
Resumen diseño red de distribución

Est	Po	Cota de terreno	Dhd	Carga disponible (m)	Qd	Diámetro			V [m/s]		Hf real	Cp (m)	Presión dinámica [m]	Presión estática [m]
						Ø teórico (plg)	Ø (plg)	Øi (plg)						
E20	E21	2037.52	24.67	2.98	0.94	1.04	1 1/2	1.75	0.61	ok	0.24	2037.28	2.74	2.98
E21	E29	2034.54	288	42.13	0.84	0.96	1 1/2	1.75	0.54	ok	2.23	2035.05	39.82	42.29
E29	E31	1995.23	36.22	38.99	0.38	0.47	1	1.19	0.53	ok	0.43	2034.62	37.71	40.61
E31	E67	1996.91	397.87	55.14	0.17	0.53	1/2	0.72	0.64	ok	12.01	2022.61	42.13	57.04
E31	E35	1996.91	176.19	20.76	0.22	0.61	3/4	0.93	0.50	ok	2.52	2032.11	17.25	22.66
E35	E45	2014.86	257.57	45.81	0.15	0.49	1/2	0.72	0.59	ok	6.75	2025.35	37.19	49.36
E45	E59	1988.16	331.66	68.31	0.04	0.28	1/2	0.72	0.15	ok	0.68	2024.67	63.44	76.29
E29	E83	1995.23	304.33	27.82	0.45	0.84	1	1.20	0.62	ok	4.74	2030.31	22.23	29.44
E83	E89	2008.08	203.83	35.62	0.22	0.56	1/2	0.72	0.84	ok	10.12	2020.20	23.03	40.35
E89	E110	1997.17	402.47	85.88	0.12	0.42	1/2	0.72	0.44	ok	6.14	2014.06	73.78	97.24

Nota. Cuadro resumen del cálculo hidráulico de la red de distribución. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.7.10.4. Conexiones prediales

La conexión predial está conformada por: un chorro de 1/2 pulgada, vástago de PVC de 1/2, llave de paso, llave de control.

2.2.7.10.5. Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas que se construyen en los proyectos de abastecimiento de agua potable son: válvulas de limpieza, válvulas de aire, válvulas de control, caja rompe presión, tanque de succión y conexiones prediales. En este proyecto se incorporaron válvulas de control a la salida de la bomba, ingreso del tanque de succión, ingreso y salida del tanque de distribución y válvulas de cheque.

2.2.7.10.6. Válvulas de control

La función principal es aislar una sección de la tubería, permitiendo la inspección o mantenimiento de la misma, colocándose en la salida del tanque de succión y en el ingreso del tanque de distribución.

2.2.7.10.7. Válvulas de cheque horizontal

Su función principal es la de retener la masa de agua que se encuentre en la tubería cuando esta suspende su funcionamiento, evitando la sobrepresión en la bomba. Su uso es importante ya que evita el daño al motor ocasionado por el giro inverso del mismo.

2.2.7.10.8. Elaboración de planos

Los planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable se presentarán en la sección de apéndice, estos se conforman por 10 planos: planta de conjunto, curvas de nivel y detalles, planta perfil de la línea de impulsión y red de distribución, detalles estructurales de tanque de impulsión y distribución, ubicación de válvulas y detalles de obra hidráulica.

2.2.7.10.9. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se realizó a base de precios unitarios, tomando como referencia los precios de los materiales indicados en planos finales, en la mano de obra se aplicaron los salarios que la municipalidad tienen definidos para proyectos similares, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 30 % de los costos directos, en el siguiente cuadro resumen se muestra el precio por renglones de trabajo:

Tabla 22.

Resumen de renglones aldea San Siguan 1, Cunén, Quiche

Renglones de trabajo					
No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Trabajos preliminares	ML	2828	Q 1.50	Q 4,242.00
2	Replanteo topográfico	ML	2828	Q 2.50	Q 7,070.00
3	Caseta de bombeo	U	1	Q 22,500.00	Q 22,500.00
4	Bomba de 5 hp sumergible con accesorios e instalación eléctrica	U	1	Q 25,500.00	Q 25,500.00
5	Tanque de succión (20 m3)	M3	25	Q 3,125.50	Q 78,137.50
6	Sistema de captación	U	1	Q 14,650.00	Q 14,650.00
7	Línea de impulsión	ML	544		
7.1	Línea de impulsión tubería PVC 2 plg c250	Ml	143	Q 98.50	Q 14,085.50
7.2	Línea de impulsión tubería PVC 2 plg c160	Ml	359	Q 67.00	Q 24,053.00
7.3	Línea de impulsión tubería HG 2 c 40	Ml	42	Q 255.00	Q 10,710.00
8	Tanque de distribución	M3	30	Q 3,215.50	Q 96,465.00
9	Hipoclorador	U	1	Q 12,800.00	Q 12,800.00
10	Red de distribución	Ml	2423	Q 75.00	Q 181,725.00
10.1	Red de distribución tubería PVC 1/2 plg. C315	Ml	1593.5	Q 215.00	Q 342,602.50
10.2	Red de distribución tubería PVC 3/4 plg. C250	Ml	176.5	Q 27.50	Q 4,853.75
10.3	Red de distribución tubería PVC 1 plg. c160	Ml	340.5	Q 33.50	Q 11,406.75
10.3	Red de distribución tubería PVC 1 1/2plg. c160	Ml	312.5	Q 45.50	Q 14,218.75
11	Conexiones domiciliares	U	138	Q 1,200.00	Q 165,600.00
12	Instalación de línea monofásica	ML	100	Q 350.00	Q 35,000.00
13	Caja válvula de compuertas	U	2	Q 3,200.00	Q 6,400.00
14	Caja válvula de control	U	2	Q 3,200.00	Q 6,400.00

Continuación de la tabla 22.

No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
15	Caja válvula de cheque	U	3	Q 2,800.00	Q 8,400.00
				TOTAL	Q1,086,819.75

Nota. Detalle de presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.7.10.10. Propuesta de tarifa

Para determinar la tarifa mensual por vivienda, se necesita realizar un análisis de gastos que conlleva el mantenimiento, administración del sistema y garantizar el periodo de vida útil. La tarifa por vivienda debe compensar en su totalidad los gastos de operación, funcionamiento y mantenimiento.

Tabla 23.

Propuesta de tarifa

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Toral
1	Plomero	U	1.00	Q 450.00	Q 450.00
2	Administración	U	1.00	Q 400.00	Q 400.00
3	Gastos de energía	U	1.00	Q 2,024.64	Q2,024.64
4	Tabletas	U	11.00	Q 25.00	Q 275.00
6	Electricista	U	1.00	Q 580.00	Q 580.00
					Q3,729.64

Nota. Detalle de presupuesto para el mantenimiento y funcionamiento del sistema. Elaboración propia, realizado con Excel.

El costo total de es de Q.3,729.64 teniendo en cuenta que se realizará 136 conexiones, se propone una tarifa mensual de Q 27.50.

CONLUSIONES

1. El sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tierra Colorada, se diseñó con base a la topografía de la comunidad, tomando en cuenta la ubicación de la fuente y de las viviendas a servir. La línea de conducción se diseñó por bombeo y la red de distribución por gravedad, este proyecto beneficiará 689 habitantes al final de periodo de diseño, el sistema estará compuesto por un área de captación, un tanque de succión (20 m3), línea de impulsión, tanque de distribución (30 m3), red de distribución por ramales abiertos y sus conexiones prediales, teniendo un costo total de Q 641,481.25. Por lo que la solución propuesta es factible económicamente, existiendo una partida presupuestaria autoridades municipales y comunitarias deberán gestionar los permisos en las entidades correspondientes para llevarlo a la realidad en el menor tiempo posible

2. El sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San Siguán 1, se propone con un diseño, el cual consiste en una línea de conducción por bombeo y una línea de distribución por gravedad, beneficiando a una población de 680 habitantes. El sistema consiste en un área de captación, un tanque de succión (25 m^3), línea de impulsión, tanque de distribución (30 m^3), red de distribución por ramales abiertos y sus conexiones prediales, teniendo un costo total de Q 1,086,819.75. Por los beneficios que este proyecto representa para la aldea San Siguan 1, autoridades municipales deberán gestionar el financiamiento para llevarlo a cabo.

3. Los sistemas de abastecimiento de agua potable, contribuirá al desarrollo y la calidad de vida de los habitantes beneficiarios, disminuyendo en gran cantidad las infecciones gastrointestinales, desnutrición y promoviendo medidas sanitarias en la población, a través del sistema de desinfección se garantiza que el agua será potable.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Cunén, Quiché:

1. Proveer el mantenimiento al sistema de abastecimiento de agua potable de las aldeas Tierra Colorada y San Siguán 1, para que estos cumplan su función adecuada durante el periodo de diseño.

2. Organizar comités que se encarguen de la administración de los sistemas de agua potable, para que ellos organicen y manejen todo lo relacionado con la operación, funcionamiento y reparación de los mismos.

3. Gestionar por parte de la Municipalidad de Cunén, Quiche, el financiamiento para proyectos de servicios básicos y promover a través de sus monitores la capacitación y concientización e importancia de los sistemas de abastecimiento.

REFERENCIAS

Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Cunén Quiché y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial. *Plan de Desarrollo Santa María Cunén, Quiché.* SEGEPLAN.

INE. (2003). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadística. https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/CSHHxuHK9XOMy6fSRZNUHAWe5iMMNBaA.pdf

INE (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII Censo Nacional de Vivienda.* Instituto Nacional de Estadística. https://www.censopoblacion.gt/explorador

INFOM. (2004). *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Instituto de Fomento Municipal y Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.

MAGA. (febrero de 2005). *Diagnóstico de la región de occidente de Guatemala.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. https://www.maga.gob.gt/download/diagnostico-occ.pdf

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2021). *Control de calidad de agua bacteriológico.* Gobierno de Guatemala.

Norma Técnica Guatemalteca (2013). *Tuberías de plástico. Tubos de poli (cloruro de vinilo), PVC, (SDR-PR) para conducción de agua fría a presión.* NTG. https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9_otros_materiales_de_construccion/ntg_19_003_astm_d2241_12.pdf

APÉNDICES

Apéndice 1.

Diseño estructural tanque de succión, aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché

- Diseño estructural tanque de succión

Datos:

Peso específico del agua $(\gamma_{agua}) = 1{,}000\ kg/m^3$

Peso específico del suelo $(\gamma_s) \quad = 1{,}500\ kg/m^3$

Peso específico concreto ciclópeo $(\gamma_{\ ciclo}) = 2{,}500\ kg/cm^3$

Peso específico del concreto $\gamma_{cc}) = 2{,}400\ kg/m^3$

Valor soporte del suelo $(v_s) = 10\ t/m\ (asumido)$

Angulo de fricción $(\varphi) = 30°(asumido)$

Ancho= 2.5 m

Largo= 5 m

Alto de muro= 2.10 m

La condición crítica del muro sucede cuando el tanque se encuentra vacío, y se obtiene lo siguiente:

- Cálculo del empuje activa

$$Ep = k_p * \gamma_s * \frac{h^2}{2}$$

Continuación del apéndice 1.

Donde:

$E_p =$ Presión activa de Ranking

$$k_p = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = \frac{1 - \sin(30)}{1 + \sin(30)} = 1/3$$

$$Ep = \frac{1}{3} * \frac{1\,500\,\frac{kg}{m^3}}{1\,000} * \frac{2.10^2}{2} = 1.10t/m$$

- Cálculo de momento de volteo, debido a la presión pasiva (Mp)

$$M_p = 1.10\frac{t}{m} * \frac{2.10m}{3} = 0{,}77\ t - m$$

- Cálculo del peso y momento de los empujes que actúan al pie del muro

$$P_{losa+viga} = \left(CU * \frac{A_{tributaria}}{L}\right) + (\gamma_{cc} * seccion\ viga * 1.2)$$

$$P_{losa+viga} = \left(716\frac{kg}{m^2} * \frac{4.69\ m^2}{5.0}\right) + \left(2{,}400\frac{kg}{m^3} * 0.20m * 0.15m * 1.2\right)$$

$$P_{losa+viga} = 757.65\ \frac{kg}{m} = 0.76t/m$$

Continuación del apéndice 1.

Tabla 1.

Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro

Figura	Área m^2	t/m^3	Carga t/m	Brazo m	Momento $t-m$
1	0.63	2.5	1.58	0.15	2.63
2	0.21	2.5	1.53	0.65	0.90
3	0.63	2.5	1.58	0.53	2.21
$\mathbf{M_p}$			1.10	0.70	0.77
$\mathbf{P_{losa+viga}}$			0.76	0.15	0.11
$\sum$			6.55		6.62

Nota. Resumen de áreas, peso y momentos actuantes sobre el muro, tanque de succión aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Verificación de la estabilidad contra el volteo

$$F_{sv} = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum M_{activos}} > 1.5$$

$$F_{sv} = \frac{1.53t-m}{0.77t-m} = 1.99 > 1.5 \text{ sí chequea}$$

- Verificación contra el deslizamiento

$$Fs_D = \frac{\sum F_{pasivo} * X_\mu}{\sum F_{activo}} \geq 1.5$$

Donde:

$$X_\mu = 0.90 * tg(30)$$

Continuación del apéndice 1.

$$Fs_D = \frac{4.43*0.90*tg(30)}{1.10} = 2.09 \geq 1.5 \text{ sí chequea.}$$

- Verificación de la presión sobre la base del muro

$$X = \frac{\sum M_{pasivo}}{\sum f_{muro}} = \frac{0.11+1.42}{0.76+3.675} = 0.35 \geq \frac{B}{3} = \frac{1.0}{3} = 0.33$$ Si chequea.

- Cálculo de excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - x$$

$$e = \frac{1.0}{2} - 0.35 = 0.15m$$

- Cálculo de presiones máximas y mínimas

$$P_{max} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{4.43}{1.0} * \left(1 + \frac{6*0,15}{1.0}\right) = 8.53t/m^2 \leq Vs = 10\ t$$ sí chequea.

$$P_{min} = \frac{WT}{A} + \frac{WT*e_x}{S_x} = \frac{4.43}{1.0} * \left(1 - \frac{6*0,15}{1,0}\right) = 0.34t/m^2 > 0$$ sí chequea.

- Diseño de la losa del tanque de succión

Datos:

$a = 2.5\ m$ $\quad Carga\ viva = 200\ kg/m^2$ $\quad S.C = 90\ kg/m^2$

$b = 5.00\ m$ $\quad \Upsilon cc = 2{,}400\ kg/m^3$

Continuación del apéndice 1.

- Cálculo de β, determinar la trabajabilidad de la losa

$$\beta = \frac{2.5}{5.0} = 0.5 \geq 0.5 \qquad \text{2 sentidos}$$

- Cálculo de espesor de losa

$$t = \frac{Perimetro}{180} = \frac{500 * 2 + 250 * 2}{180} = \frac{1500}{180} = 8.33\ cm$$

$$t = 10\ cm$$

- Carga muerta

$$CM = \gamma_{cc} * t + S_C$$

$$CM = 2{,}400\ kg/m^3 * 0.10 + 90\ kg/m^2\ = 330\ kg/m^2$$

- Integración de cargas

$$CU = 1.2\ CM + 1.6CV$$

$$CU = 1.2(330\ kg/m^2) + 1.6(200 kg/m^2) = 716.0\ kg/m^2$$

El cálculo de los momentos ser realizará según el método 3 del ACI (Caso 1):

Continuación del apéndice 1.

- Coeficientes para momentos negativos

$$M_{aneg} = Ca * wu * A^2 = 0\ kg - m$$
$$M_{bneg} = Cb * wu * B^2 = 0\ kg - m$$

- Cálculo de momentos positivos debido a la carga muerta

$$M_{ad+} = Ca * W_{ud} * A^2 = 0.095 * 396\frac{kg}{m^2} * 3^2 = 235.13\ kg - m$$
$$M_{bd+} = Cb * W_{ud} * B^2 = 0.006 * 396\frac{kg}{m^2} * 5^2 = 59.4\ kg - m$$

- Cálculos de momentos positivos debido a la carga viva

$$M_{aL+} = Ca * W_{ul} * A^2 = 0.095 * 320\frac{kg}{m^2} * 3^2 = 190\ kg - m$$
$$M_{bL+} = Ca * W_{ul} * B^2 = 0.006 * 320\frac{kg}{m^2} * 5^2 = 48\ kg - m$$

Tabla 2.

Cuadro resumen de momentos Método 3 ACI

Lado	Mwu(-)	Md(+)	ML(+)	Mwu(+)	M(-)= 1/3(M+)
A	0	235.13	190.0	425.13	141.71
B	0	59.40	48.0	107.40	35.80

Nota. Cuadro resumen de momentos positivos y negativos debidos a la carga muerta y viva. Elaboración propia, realizado con Excel.

Continuación del apéndice 1.

Los momentos resultantes positivos se obtienen de la suma de los momentos positivos debidos a la carga muerta y viva. En los extremos el momento negativo es un tercio del momento positivo, representados en la siguiente figura.

- Cálculo del peralte d

$$d = t - rec - \frac{\emptyset_{var}}{2} = 10 - 2.5 - 0.475 = 7.03cm$$

- Cálculo del refuerzo requerido con los siguientes datos

$f´c = 210\,\frac{kg}{cm2}$ $\qquad$ $fy = 2\,810\,\frac{kg}{cm^2}$

$b = 100\ cm$ $\qquad$ $d = 7.03\ cm$

- Cálculo del área de acero mínimo:

$$A_{smin} = \frac{14}{fy}bd = \frac{14}{2\,810} * 100 * 7{,}5 = 3.50\ cm^2$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 3t = 3(10) = 30cm$$

- Armado para A_{smin} usando varillas No 3

$3.50\ cm^2 \quad - \quad 100cm$

Continuación del apéndice 1.

$$0.71\ cm^2 \quad - \quad S \qquad \Rightarrow \quad S = 20.0\ cm$$

Recalculando As para un espaciamiento de S=20 cm

$$As \quad - \quad 100cm$$
$$0.71\ cm^2 \quad - \quad 20cm \quad \Rightarrow \quad A_s = 3.55\ cm \quad \text{cumple con } \mathrm{A_{smin}}$$

- Cálculo del momento último, que resiste el área de acero calculado

$$Mu = \phi(A_s fy\left(d - \frac{A_s fy}{1{,}7f'c\ b}\right)$$

$$Mu = 0.9 * (3.55 * 2{,}810\left(7.03 - \frac{3.55 * 2{,}810}{1.7 * 210 * 100}\right) = 60{,}354.80\ kg - cm$$
$$= 604kg - m$$

El área de acero (As=3.55 cm2) es capaz de resistir el momento ultimo de 425 kg-m, por lo que se define el armado tradicional con varillas No. 3 a un espaciamiento de 20 cm en ambos sentidos.

Tabla 3.

Cuadro resumen de armado de losa

$\mathbf{As\ [cm^2]}$	**Espaciamiento [cm]**	**No varilla**	$\mathbf{M_u[kg-m]}$
3.55	20	No. 3	604

Nota. Resumen del armado de losa, tanque de succión aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché. Elaboración propia, realizado con Excel.

Nota. Detalle de desarrollo del diseño estructural del tanque de succión, aldea Tierra Colorada. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 2.

Diseño estructural tanque de succión, aldea San Siguan 1, Cunén, Quiché

El diseño del tanque de succión para el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San Siguan 1, tendrá el mismo procedimiento de diseño que en el apéndice 1. Por tanto, se presentarán los cuadros resumen de los resultados.

Datos:

Peso específico del agua (γ_{agua}) $= 1{,}000\ kg/m^3$

Peso específico del suelo (γ_s) $= 1{,}500\ kg/m^3$

Peso específico concreto ciclópeo ($\gamma_{\ ciclo}$) $= 2{,}500\ kg/cm^3$

Peso específico del concreto γ_{cc}) $= 2{,}400\ kg/m^3$

Valor soporte del suelo (v_s) $= 10\ t/m\ (asumido)$

Angulo de fricción (φ) $= 30°(asumido)$

Ancho= 2.5 m

Largo= 5 m

Alto de muro= 2.50 m

Tabla 1.

Cuadro resumen del cálculo de pesos y momentos en el muro

Figura	Área m^2	t/m^3	Carga t/m	Brazo m	Momento $t-m$
1	0.75	2.5	1.88	0.15	0.28
2	0.27	2.5	1.68	0.75	0.51
3	0.99	2.5	2.47	0.60	1.49
$\mathbf{M_p}$			1.56	0.83	1.3
$\mathbf{P_{losa+viga}}$			0.76	0.15	0.11
$\sum$			8.35		3.69

Nota. Resumen de áreas, peso y momentos actuantes sobre el muro, tanque de succión aldea San Siguan 1, Cunén, Quiché. Elaboración propia, realizado con Excel.

Continuación del apéndice 2.

Tabla 2.

Cuadro resumen verificación por estabilidad

Verificación por estabilidad		**Chequeo**
Estabilidad por volteo	1.83	Si chequea
Estabilidad por deslizamiento	1.92	Si chequea
Verificación por presión	0.41	Si chequea
Verificación por presión		**Chequeo**
Pmax	9.34	Si chequea
Pmin	0.29	Si chequea

*Nota. Cuadro r*esumen de estabilidad por estabilidad y presiones en el muro, tanque de succión aldea San Siguan 1, Cunén, Quiché. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Diseño de la losa del tanque de succión

El armado de losa para el tanque de succión, sigue el mismo procedimiento y resultado del apéndice 1, por su similitud en sus condiciones y dimensiones.

Tabla 3.

Cuadro resumen de armado de losa

$\mathbf{As\ [cm^2]}$	**Espaciamiento [cm]**	**No varilla**	$\mathbf{M_u[kg-m]}$
3.55	20	No. 3	604

Nota. Resumen del armado de losa, tanque de succión aldea San Siguan 1, Cunén, Quiché. Elaboración propia, realizado con Excel.

Nota. Detalle de desarrollo del diseño estructural del tanque de succión aldea San Siguan 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 3.

Planos sistema de abastecimiento de agua potable

Nota. Aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché. Juego de planos para el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché. Elaboración propia realizado con AutoCAD.

Apéndice 4.

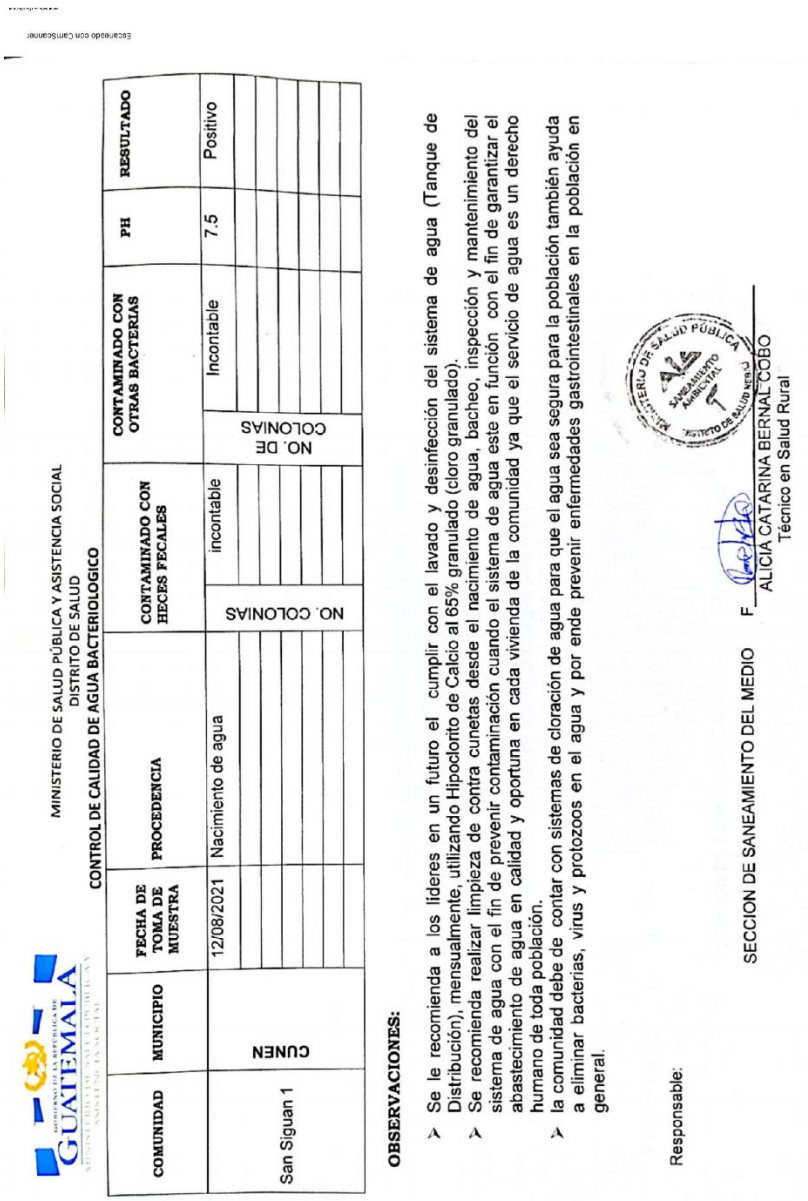
Planos sistema de abastecimiento de agua potable

Nota. Para la aldea San Siguan 1, Cunén, Quiché. Juego de planos para el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tierra Colorada, Cunén, Quiché. Elaboración propia realizado con AutoCAD.

ANEXO

Anexo 1.

Examen bacteriológico



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
DISTRITO DE SALUD

CONTROL DE CALIDAD DE AGUA BACTERIOLÓGICO

COMUNIDAD	MUNICIPIO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	PROCEDENCIA	CONTAMINADO CON HECES FECALES		CONTAMINADO CON OTRAS BACTERIAS		PH	RESULTADO
				NO. COLONIAS	incontable	NO. DE COLONIAS	Incontable		
San Siguan 1	CUNEN	12/08/2021	Nacimiento de agua					7.5	Positivo

OBSERVACIONES:

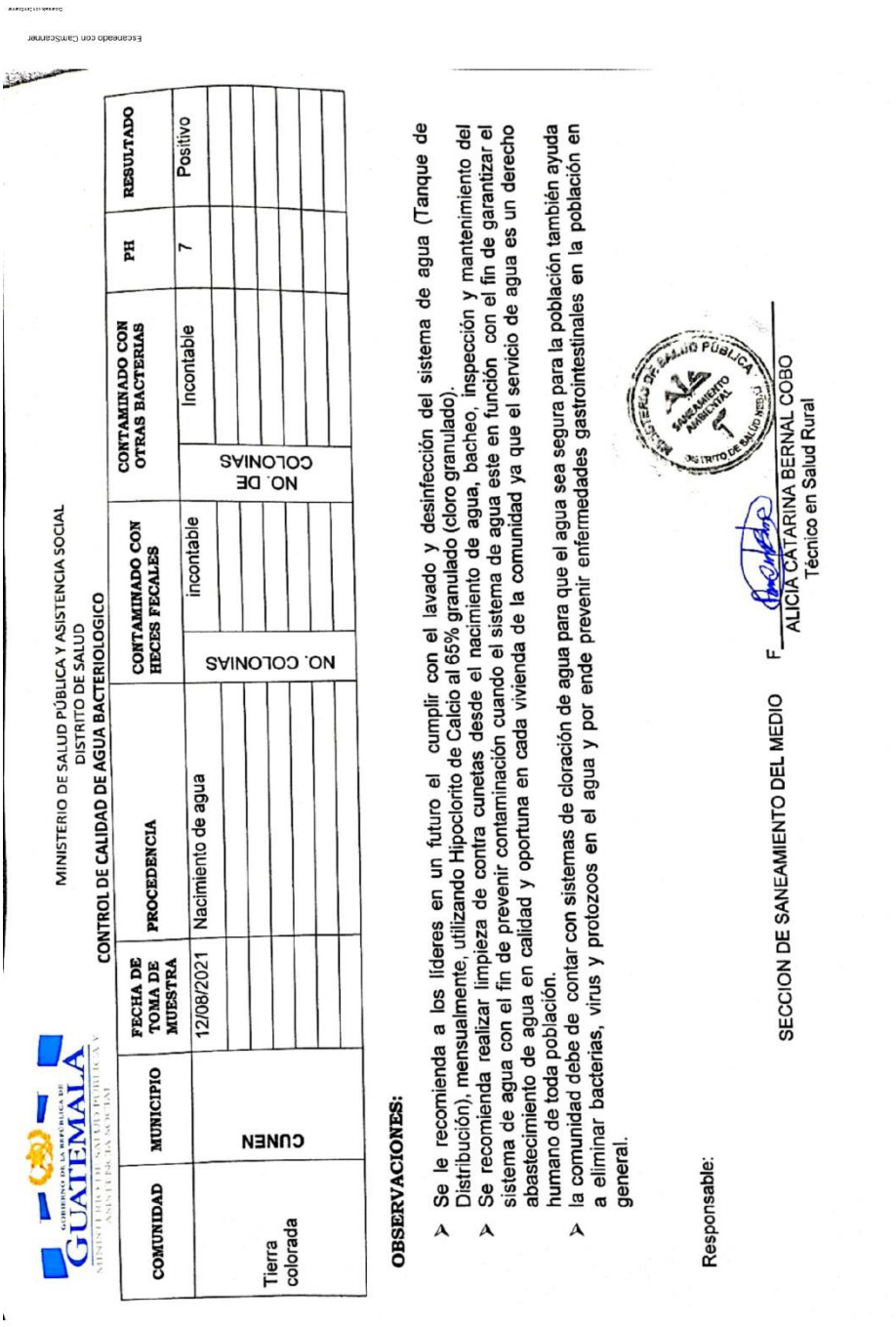
- Se le recomienda a los líderes en un futuro el cumplir con el lavado y desinfección del sistema de agua (Tanque de Distribución), mensualmente, utilizando Hipoclorito de Calcio al 65% granulado (cloro granulado).
- Se recomienda realizar limpieza de contra cunetas desde el nacimiento de agua, bacheo, inspección y mantenimiento del sistema de agua con el fin de prevenir contaminación cuando el sistema de agua este en función con el fin de garantizar el abastecimiento de agua en calidad y oportuna en cada vivienda de la comunidad ya que el servicio de agua es un derecho humano de toda población.
- la comunidad debe de contar con sistemas de cloración de agua para que el agua sea segura para la población también ayuda a eliminar bacterias, virus y protozoos en el agua y por ende prevenir enfermedades gastrointestinales en la población en general.

Responsable:

SECCION DE SANEAMIENTO DEL MEDIO

F_____
ALICIA CATARINA BERNAL COBO
Técnico en Salud Rural

Continuación del anexo 1.



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
DISTRITO DE SALUD

CONTROL DE CALIDAD DE AGUA BACTERIOLOGICO

COMUNIDAD	MUNICIPIO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	PROCEDENCIA	CONTAMINADO CON HECES FECALES		CONTAMINADO CON OTRAS BACTERIAS		PH	RESULTADO
				NO. COLONIAS	incontable	NO. DE COLONIAS	Incontable		
Tierra colorada	CUNEN	12/08/2021	Nacimiento de agua					7	Positivo

OBSERVACIONES:

- Se le recomienda a los líderes en un futuro el cumplir con el lavado y desinfección del sistema de agua (Tanque de Distribución), mensualmente, utilizando Hipoclorito de Calcio al 65% granulado (cloro granulado).
- Se recomienda realizar limpieza de contra cunetas desde el nacimiento de agua, bacheo, inspección y mantenimiento del sistema de agua con el fin de prevenir contaminación cuando el sistema de agua este en función con el fin de garantizar el abastecimiento de agua en calidad y oportuna en cada vivienda de la comunidad ya que el servicio de agua es un derecho humano de toda población.
- la comunidad debe de contar con sistemas de cloración de agua para que el agua sea segura para la población también ayuda a eliminar bacterias, virus y protozoos en el agua y por ende prevenir enfermedades gastrointestinales en la población en general.

Responsable:

SECCION DE SANEAMIENTO DEL MEDIO

F_____
ALICIA CATARINA BERNAL COBO
Técnico en Salud Rural

Nota. Estudios del agua. Obtenido de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2021). *Control de calidad de agua bacteriológico.* (s/p). MSPAS.