



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

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE AL BARRIO PANIMAB'EY
E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE AL CASERÍO
CHIRIJUYÚ, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO**

Corin Yohana Quintana Salazar

Asesorada por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE AL BARRIO PANIMAB'EY
E INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE AL CASERÍO
CHIRIJUYÚ, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CORIN YOHANA QUINTANA SALAZAR

ASESORADO POR EL INGENIERO SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

ACTO QUE DEDICO A:

Jesucristo	Por ser ejemplo de excelencia y humildad.
Mis padres	Danilo Quintana y Bertila Salazar, con amor y gratitud.
Mis hermanos	Jackson, Cristian y Josbill, porque son muy importantes para mí.
Claudio Castañón	Por compartir conmigo este tiempo.
Mi familia	Con mucho cariño a mis abuelitos, tíos, primos y sobrinos. A todos por igual.
Familia Castañón Contreras	Por su apoyo y afecto.
Mis amigos	Por contar siempre con ustedes.
A mis compañeros de trabajo	Por su ayuda.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Infinitamente, por ser mi fortaleza en todo momento y permitir que muchas cosas buenas pasen en mi vida.
Mis padres	Por apoyarme incondicionalmente y ayudarme a alcanzar mis sueños.
Mis hermanos	Por motivarme a ser mejor cada día.
Claudio Castañón	Por su apoyo y cariño.
Mi familia	Por animarme a luchar por lo que quiero, en especial a la familia Juracán Salazar.
Mis amigos	Por los momentos compartidos, tanto en las aulas como fuera de ellas.
Mis asesores	Ingenieros Silvio Rodríguez y Luis Alfaro, por su orientación en el desarrollo de éste trabajo.
Ing. Gabriel Berditchevsky	Por darme la oportunidad de iniciar mi vida laboral y apoyarme en la culminación de mi carrera.
Sra. Beatriz de Beber	Por su grata amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA	1
1.1. Síntesis histórica	1
1.2. Ubicación y localización geográfica	2
1.3. Hidrografía	4
1.4. Vías de acceso	5
1.5. Demografía	5
1.6. Cultura e identidad	7
1.7. Idiomas	8
1.8. Actividades productivas	8
1.8.1. Producción agrícola	8
1.8.2. Producción pecuaria	8
1.8.3. Producción artesanal	8
2. TRABAJOS PRELIMINARES	9
2.1. Descripción general de los proyectos	9
2.2. Levantamiento topográfico	10
2.2.1. Planimetría	11

2.2.2. Altimetría	11
2.3. Diseño hidráulico	11
2.3.1. Consideraciones generales	11
2.3.1.1. Fuentes de agua	12
2.3.1.2. Aforo de las fuentes	12
2.3.1.3. Calidad del agua	13
2.3.1.3.1. Examen bacteriológico del agua	14
2.3.1.3.2. Examen físico químico del agua	14
2.3.2. Período de diseño	16
2.3.3. Determinación de población y proyección	17
2.3.4. Dotaciones y consumos	18
2.3.5. Caudales de diseño	19
2.3.5.1. Caudal medio diario	19
2.3.5.2. Caudal máximo diario	20
2.3.5.3. Caudal máximo horario	21
2.3.5.4. Caudal de bombeo	22
2.3.6. Cálculo de la línea de conducción (de impulsión o bombeo)	23
2.3.7. Selección del tipo de tubería	25
2.3.8. Potencia de la bomba	29
2.3.9. Cavitación	30
2.3.10. Carga neta positiva de succión	30
2.3.11. Obras de captación	32
2.3.12. Caseta de bombeo	33
2.3.13. Válvulas	33
2.3.14. Caja rompe presión	34
2.3.15. Tanque de almacenamiento	34
2.3.15.1. Volumen de almacenamiento	35
2.3.15.2. Diseño del tanque de almacenamiento	35

2.3.15.2.1. Diseño del tanque de almacenamiento del sistema de agua potable para el barrio Panimab'ey	36
2.3.15.2.2. Diseño del tanque de almacenamiento del sistema de agua potable para el caserío Chirijuyú	61
2.3.16. Diseño de la red de distribución	70
2.3.16.1. Caudal unitario	70
2.3.16.2. Caudal de uso simultáneo	71
2.4. Desinfección del agua	73
2.5. Presupuesto	78
2.6. Planos	78
2.7. Operación y mantenimiento	79
2.8. Propuesta de tarifa	80
2.9. Evaluación de impacto ambiental	85
2.9.1. Control o impacto ambiental	86
2.9.2. Plan de mitigación	87
2.10. Evaluación socio-económica	88
2.10.1. Valor presente neto	90
2.10.2. Tasa interna de retorno	92
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	97
APÉNDICES	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación del municipio de San Juan Comalapa	3
2	Ubicación del barrio Panimab'ey y El caserío Chirijuyú	4
3	Esquema de losa del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey	36
4	Diagrama de momentos de losa del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey	42
5	Diagrama de momentos balanceados en la losa del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey	43
6	Sección de viga intermedia del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey	47
7	Diagrama de áreas tributarias de la viga intermedia del tanque de distribución barrio Panimab'ey	48
8	Diagrama de cortes y momentos de la viga intermedia del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey	50
9	Sección del muro del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey	56
10	Momentos actuantes en el muro el tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey	58
11	Esquema de losa del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú	62
12	Diagrama de momentos en losa del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú	63
13	Sección del muro del tanque de almacenamiento del caserío Chirijuyú	66

14	Momentos actuantes en el muro del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú	68
15	Esquema de dosificador	77

TABLAS

I	Población de San Juan Comalapa	5
II	Población de San Juan Comalapa por comunidades	6
III	Características físicas del agua	14
IV	Características químicas del agua	15
V	Cálculo de la población futura	18
VI	Cálculo de caudal medio diario	19
VII	Cálculo de caudal máximo diario	20
VIII	Cálculo de caudal máximo horario	21
IX	Cálculo de caudal de bombeo	22
X	Cálculo de diámetros posibles para la línea de impulsión	23
XI	Cálculo de la velocidad media en la línea de impulsión	24
XII	Cálculo de golpe de aríete	27
XIII	Cálculo de sobre presión	28
XIV	Cálculo de potencia de la bomba	29
XV	Cálculo de NPSH disponible	32
XVI	Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento	35
XVII	Momentos actuantes en la losa del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey	46
XVIII	Cálculo de momentos actuantes en el muro (Tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey)	59

XIX	Momentos actuantes en la losa del tanque de almacenamiento del caserío Chirijuyú	65
XX	Momentos actuantes en el muro (tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú)	68
XXI	Cálculo del caudal unitario por vivienda	70
XXII	Datos de la dosificación	77
XXIII	Programa de operación y mantenimiento del sistema	79

GLOSARIO

Aforo	Operación que consiste en medir el caudal de una fuente de agua.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.
Bacteria	Microorganismo de organización procariota, perteneciente a la división de los esquizomicetes.
Bombeo	Incremento de la potencia del agua llevándola a cierta presión y caudal.
Caudal	Es la cantidad de un líquido en unidades de volumen, por unidad de tiempo.
Cloacales	Concavidad de terreno o conducto generalmente subterráneo, que recoge el agua de la lluvia y las aguas residuales.
Coefficiente de rugosidad	Factor usado en las fórmulas para calcular la velocidad promedio del agua que fluye en un conducto o canal. Representa el efecto de la rugosidad del material confinante, en las pérdidas de energía del agua.

Coliformes	Bacterias negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas.
Coliformes fecales	Se encuentran en los intestinos de los humanos y otros animales de sangre caliente, son un tipo de bacterias coliformes.
Dotación	Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día.
Estiaje	Período en el cual el caudal de una fuente baja a su nivel mínimo. Dependiendo de la época del año.
Excretas	Residuos semi-sólidos patogénicos.
Fricción	Fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra, o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento.
Estiaje	Período en el cual el caudal de una fuente baja a su nivel mínimo. Dependiendo de la época del año.
Excretas	Residuos semi-sólidos patogénicos.
Fricción	Fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra, o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento.

Gérmenes	Pequeños microorganismos o seres vivos que causan enfermedades.
Impulsión	Dar empuje para producir movimiento.
Línea piezométrica	Línea que une las alturas que el agua alcanzaría en tubos piezométricos situados en un conducto a lo largo de la dirección del flujo.
Mitigación	Acción de atenuación o disminución del impacto ambiental producido por diferentes actividades a fin de reducirlo a límites tolerables o admitidos por la normativa vigente.
Nociva	Dañina, perniciosa, perjudicial.
Patógeno	Que contamina o genera enfermedades.

LISTA DE ABREVIATURAS

INE	Instituto Nacional de Estadística
f_y	Tensión de fluencia especificada del acero
ϕV_s	Esfuerzo de corte que resiste el acero
$\gamma_{concreto}$	Peso específico del concreto
γ_{suelo}	Peso específico del suelo
a	Golpe de ariete
ACI	American Concrete Institute
A_{min}	Área de acero mínima
A_{req}	Área de acero requerida
C	Coeficiente de rugosidad
CDT	Carga dinámica total
CM	Carga muerta
Cm	Centímetro
CM_u	Carga muerta uniforme total
CV	Carga viva
CV_u	Carga viva uniforme total
D	Diámetro nominal de la tubería
D	Peralte efectivo
DH	Distancia horizontal
Di	Diámetro interior
D_t	Diámetro teórico
E	Módulo de elasticidad
E	Excentricidad
f'c	Resistencia especificada a compresión del concreto

F_a	Fuerza actuante
F_{md}	Factor máximo diario
F_{mh}	Factor máximo horario
F_r	Fuerza resistente
F_s	Factor de seguridad
H_f	Pérdida por fricción
K	Módulo de elasticidad del agua
K_a	Coefficiente de empuje activo
K_g	Kilogramo
K_p	Coefficiente de empuje pasivo
L	Longitud
L/hab/día	Litros habitante día
L/s	Litros por segundo
M	Metro
M A_s_{min}	Momento resistente
M₍₋₎	Momento negativo
M₍₊₎	Momento positivo
M_a	Momento actuante
M_{ca}	Metros columna de agua
M_r	Momento resistente
M_u	Momento último
Ø	Diámetro
P_a	Carga actuante
P_f	Población futura
P_i	Población inicial
P_r	Carga resistente
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PVC	Cloruro de polivinilo
Q	Caudal

Q_b	Caudal de bombeo
Q_m	Caudal medio diario
Q_{DM}	Caudal máximo diario
Q_{HM}	Caudal máximo horario
Q_i	Caudal de uso simultáneo
q_{máx}	Presión máxima
q_{mín}	Presión mínima
Q_u	Caudal unitario
r	Tasa de crecimiento poblacional
S_{máx}	Espaciamiento máximo
S_{mín}	Espaciamiento mínimo
t	Espesor de losa
V_{c_u}	Esfuerzo de corte que resiste el concreto
V_{máx}	Velocidad máxima
V_{máx}	Corte máximo actuante
V_{mín}	Velocidad mínima
V_{res}	Corte máximo resistente
V_u	Corte actuante
W_{losa}	Peso de la losa
W_t	Carga total
W_{tot}	Peso total sobre el muro
W_u	Carga última en una estructura
W_{uU}	Carga unitaria
W_{viga}	Peso propio de la viga

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se refiere a la elaboración de los proyectos de introducción de agua potable, para dos comunidades. Se presenta con detalle el análisis que debe hacerse para el adecuado funcionamiento de cada componente de un sistema de agua, en sus diferentes fases.

Las comunidades beneficiadas con dichos proyectos pertenecen al municipio de San Juan Comalapa, departamento de Chimaltenango, denominándose éstas: barrio Panimab'ey y caserío Chirijuyú; entre las necesidades que afectan a estas comunidades, está la carencia de agua entubada, por ser un servicio básico, se priorizó la solución a este problema.

Con la colaboración de los vecinos, se inició con un recorrido por los lugares donde se ubicarían tanto las obras de arte, como la tubería que conforma el sistema; luego de obtener los permisos necesarios, se procedió a realizar el levantamiento topográfico y la recopilación de información de las características de cada comunidad. Con estos datos y especificaciones técnicas, se realizaron los cálculos respectivos.

Para la introducción de agua potable al barrio Panimab'ey, se diseñó un sistema que por bombeo llevará dicho líquido hacía un tanque de distribución, ubicado a 816m de la captación, para luego distribuirse a la comunidad, por gravedad. Con este proyecto se estará beneficiando a una población de 1,830 habitantes, construyéndose 305 conexiones domiciliarias.

Se construirá un tanque de distribución de mampostería, semi-enterrado de 168m³ de capacidad; para la red de distribución se utilizará tubería de pvc de diferentes diámetros, colocándose válvulas de compuerta en los puntos necesarios para poder sectorizar el sistema.

El sistema de agua potable que abastecerá al caserío Chirijuyú, al igual que el del barrio Panimab'ey, se conducirá por bombeo y distribuirá por gravedad; por ser una comunidad más pequeña, se construirá un tanque de distribución con capacidad de 14m³. Para la red de distribución se utilizará tubería de pvc de diferentes diámetros.

Se realizaron análisis de la calidad del agua, para sugerir un sistema de desinfección y así preservar la salud de los beneficiados.

Como trabajo final se presentan los juegos de planos de cada proyecto y sus respectivos presupuestos.

Cumpliendo de esta manera con el objetivo principal del Ejercicio Profesional Supervisado, de beneficiar a las comunidades necesitadas.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar los sistemas de abastecimiento de agua potable para el barrio Panimab'ey y el caserío Chirijuyú, municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango.

ESPECÍFICOS

1. Realizar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Juan Comalapa.
2. Realizar una investigación monográfica del municipio de San Juan Comalapa, específicamente del barrio Panimab'ey y caserío Chirijuyú.
3. Capacitar a representantes de las comunidades, con relación a la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
4. Colaborar con las comunidades necesitadas, ofreciéndoles soluciones a los problemas que le afectan, y a la vez, proyectar la investigación y apoyo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, por medio del E.P.S.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos se realizan como respuestas a las diferentes necesidades que se presentan en una comunidad, entre las principales se pueden mencionar: salud, educación, comunicación, saneamiento.

Para una comunidad es de suma importancia contar con servicios que mejoren la calidad de vida de sus habitantes, enfocados en los servicios básicos de saneamiento se mencionan: el abastecimiento de agua potable y una adecuada disposición de excretas (sistema de drenaje de aguas residuales y recolección de basura).

En Guatemala existen muchas comunidades que no cuentan con estos servicios básicos, por lo que apoyados por la Facultad de Ingeniería, se pretende contribuir con éstas, elaborando los estudios necesarios para la ejecución de los proyectos.

1. MONOGRAFÍA

1.1. Síntesis histórica

El nombre del municipio de San Juan Comalapa proviene de la expresión kaqchikel «*chi royal xot*» que significa «*junto a la fuente de los comales*» o «*junto a la fuente de los discos de barro*». Tras la conquista, los indígenas nahuatlés que acompañaban a los conquistadores lo llamaron de acuerdo a su propia lengua. Así comenzó a llamarse «*Comalapa*» de «*comal*», plato de barro, y «*apa*», lugar, o sea «*lugar de los comales*» o «*lugar de los platos de barro*».

En la época colonial, los indígenas se concentraron en comunidades a donde llegaron catequistas y sacerdotes católicos a propagar su religión. Éstos pusieron al pueblo bajo la protección de San Juan Bautista y por eso se designó definitivamente como San Juan Comalapa.

Tras la independencia se decreta la Constitución Política de la República el 11 de octubre de 1,825 y en ella se organiza el territorio en once distritos y varios circuitos. En el Distrito Octavo correspondiente a Sacatepéquez, aparece San Juan Comalapa como cabecera de distrito.

Posteriormente, al ser creado el departamento de Chimaltenango por Decreto de la Asamblea Constituyente de 12 de septiembre de 1,839; el municipio de San Juan Comalapa entra a formar parte de dicho departamento, al cual pertenece hasta la fecha.

Por ser cuna de grandes artistas, entre los que destacan Rafael Álvarez Ovalle, autor de la música del Himno Nacional, y el pintor Andrés Curruchiche, a San Juan Comalapa se la denomina "*Florenxia de América*".

1.2. Ubicación y localización geográfica

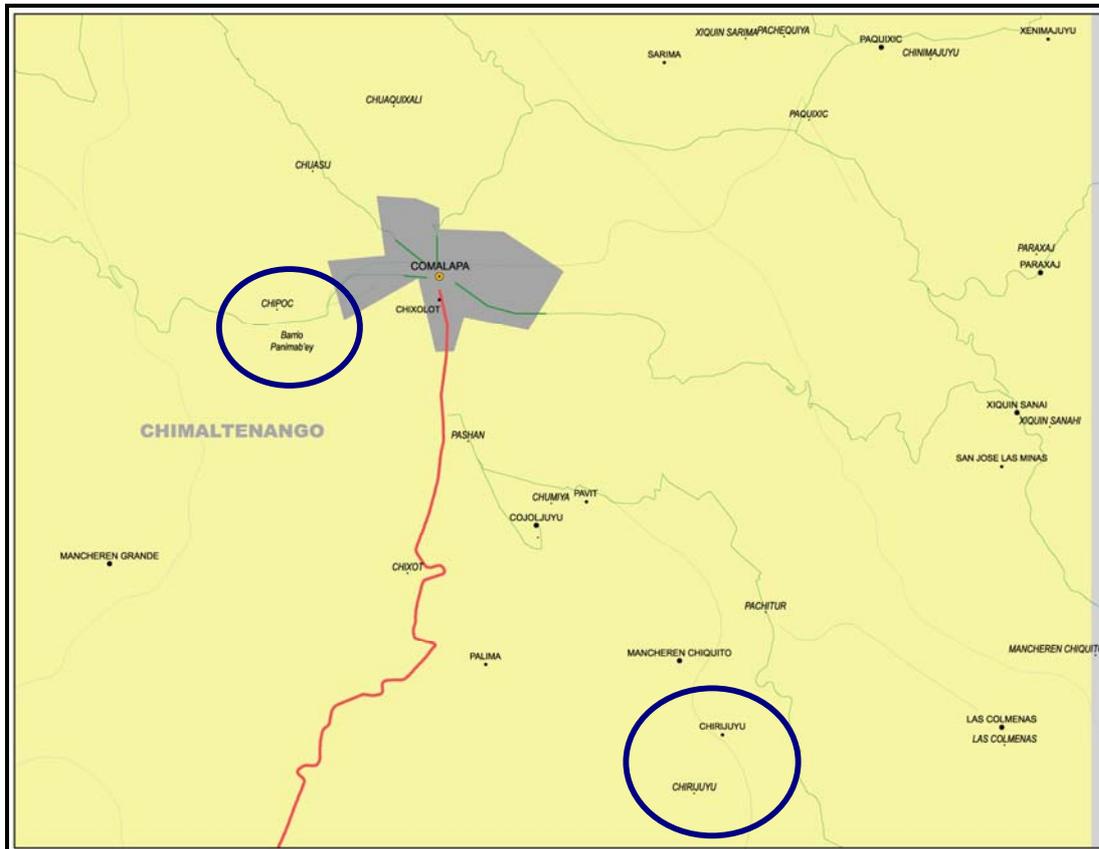
San Juan Comalapa se encuentra situado en la parte central del departamento de Chimaltenango, en la región V o Región central. Se localiza en la latitud 14°44'24"; longitud 90°53'15". Limita al norte con los municipios de San José Poaquil y San Martín Jilotepeque; al sur con los municipios de Zaragoza, Santa Cruz Balanyá y Chimaltenango; al este con San Martín Jilotepeque y al oeste con Tecpán, Santa Apolonia y Santa Cruz Balanyá, todos municipios de Chimaltenango.

Su extensión territorial es de 76 km² y se encuentra a una altura de 2,115m sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es frío. Se encuentra a una distancia de 24km de la cabecera departamental de Chimaltenango y está formado por un pueblo, 7 aldeas, 25 caseríos y un paraje.

El Barrio Panimab'ey se encuentra dentro del casco urbano de San Juan Comalapa, cuenta con una vía de acceso de carretera balastada que comunica de Comalapa a Panabajal y Tecpán, sus calles aún no están pavimentadas; cuenta con una escuela y el servicio de agua se obtiene a través de llena cántaros; cerca de la comunidad se encuentra el centro recreativo Las Delicias.

El caserío Chirijuyú se localiza al sur de la cabecera municipal de San Juan Comalapa, el acceso es por carretera de terracería; colinda con el municipio de Zaragoza; parte de sus calles están adoquinadas.

Figura 2. Ubicación del barrio Panimab'ey y el caserío Chirijuyú



1.3. Hidrografía

Este municipio es bañado por los ríos: Pixcayá, Agua Caliente y Poaquil, se encuentran en él los riachuelos: Cojol, Chubixac, El Arco y Panatzan, así como las quebradas Chimiya, Chixot, Las Minas y Sochal.

1.4. Vías de acceso

El municipio de San Juan Comalapa se localiza a 81 Km. de la ciudad capital por la CA-1 carretera interamericana, siendo 51 Km. de autopista con pavimento de asfalto, hasta llegar al departamento de Chimaltenango. Del departamento de Chimaltenango al municipio de San Juan Comalapa hay 32 Km., por la carretera interamericana con pavimento de asfalto de dos carriles. El municipio de San Juan Comalapa cuenta con un 90% de sus calles adoquinadas y pavimentadas.

1.5. Demografía

Según el censo poblacional, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística –INE-, se observa que San Juan Comalapa es el quinto municipio más poblado del departamento de Chimaltenango; como se muestra en la tabla I.

Tabla I. Población de San Juan Comalapa, censados al 24/11/2002; según el Instituto Nacional de Estadística.

Núm.	Municipio	Población	Viviendas
1	Chimaltenango	74,077	15,007
2	San José Poaquil	19,982	4,223
3	San Martín Jilotepeque	59,578	12,214
4	Comalapa	35,441	7,858
5	Santa Apolonia	11,859	2,105
6	Tecpán Guatemala	59,859	11,447
7	Patzún	42,326	8,508
8	Pochuta	9,842	2,165
9	Patzicia	23,401	5,079

Continúa

10	Santa Cruz Balanyá	6,504	1,404
11	Acatenango	18,336	4,310
12	Yepocapa	23,509	4,404
13	San Andrés Itzapa	21,151	4,500
14	Parramos	9,537	1,973
15	Zaragoza	17,908	4,205
16	El Tejar	13,823	3,175

Los siguientes datos fueron proporcionados por el Centro de Salud de San Juan Comalapa, aunque no coincidan plenamente con los del INE son absolutamente fiables debido a que están extraídos de la visita diaria a las comunidades, los cuales han sido tabulados en la tabla II.

Tabla II. Población del municipio de San Juan Comalapa, por comunidades, datos proporcionados por el Centro de Salud.

Categoría	Nombre	Habitantes
Pueblo (Cabecera municipal)	San Juan Comalapa	20,047
Caserío	Chuacaña	97
Caserío	Chuaquixali	107
Caserío	Chuasij	896
Caserío	Manzanillo	788
Colonia	Las Victorias	620
Caserío	Las Tomas	421
Caserío	Paxan	383
Caserío	Paxot	258
Barrio	Tzanjuyú	368
Colonia	San Juan	201

Continúa

Caserío	Xetuneyché	236
Caserío	Agua Caliente	931
Caserío	Chichali	329
Caserío	Chirijuyú	149
Caserío	Chimiya	124
Parcelamiento	Cojoljuyu	886
Aldea	Pachitur	253
Caserío	San Juan Palima	449
Caserío	Pamumus	753
Aldea	Panabajal	3,509
Caserío	Panicuy	149
Caserío	Panimacac	230
Aldea	Paquixic	1,066
Aldea	Paraxaj	470
Caserío	Paraxaquen	69
Aldea	Patzaj	982
Caserío	Pavit	413
Caserío	Payá	274
Caserío	Quisaya	364
Aldea	Simajhuleu	1,986
Aldea	Xenimaquin	513
Caserío	Xetonox	512
Aldea	Xiquin Sanahi	651

1.6. Cultura e identidad

En cuanto a la pertenencia étnica, en San Juan Comalapa un 93% de la población es maya Kaqchikel y un 7% es ladina o no indígena.

1.7. Idiomas

El idioma indígena predominante es el Kaqchikel, además del español.

1.8. Actividades productivas

1.8.1. Producción agrícola

Se dedican al cultivo de maíz, frijol, fresa, papa, haba, arveja china, brócoli, y a la siembra de flores como gladiolas, claveles, rosas y otras.

1.8.2. Producción pecuaria

Buena parte de su población se dedica a la cría de ganado bovino.

1.8.3. Producción artesanal

Sus habitantes se dedican a la elaboración de figuras de venados, chivos, trineos, estrellas, faroles, etc. Utilizando como materiales: hojas de mazorca, alambres, chiriviscos, barniz, fibras, piezas de madera, entre otros. Además, promueven artistas en la rama de pintura y a la industria textil artesanal: monederos, güipiles, chalecos, chumpas, etc.

En porcentajes las actividades se presentan así: agricultura 60%, artesanía 20%, comercio 20%.

2. TRABAJOS PRELIMINARES

2.1. Descripción general de los proyectos

Toda comunidad debe contar con los servicios sanitarios básicos; orientados a preservar la salud de sus pobladores. Estos servicios son el abastecimiento de agua potable segura y la disposición adecuada de las excretas.

En la actualidad el barrio Panimab'ey cuenta con un sistema de llena cántaros para el abastecimiento de agua, debido al crecimiento de la población; la demanda del vital líquido también se ha incrementado, por lo que dicho sistema ya no es el adecuado para esta comunidad. Por esta razón se implementará un sistema de agua potable entubada para que la población pueda contar con el servicio en sus viviendas.

El proyecto consiste en conducir agua por medio de bombeo, desde una fuente superficial hacía un tanque de almacenamiento; para luego trasladarla por gravedad a las viviendas, beneficiando con esto a una población actual de 1,830 habitantes. Para la realización del proyecto se cuenta con una fuente superficial, cuyo caudal es capaz de satisfacer tanto a la población actual como futura de esta comunidad.

En el caso del caserío Chirijuyú, no se cuenta con un sistema de agua, pero sí con una fuente suficiente para satisfacer la demanda de la comunidad, por lo que se conducirá el agua por medio de bombeo hacia un tanque de almacenamiento, para que pueda llegar a sus beneficiarios, por gravedad.

El procedimiento para el diseño de los dos sistemas de agua potable, se detalla en los puntos siguientes.

Se realizaron los estudios requeridos para proveer a la población de agua sanitariamente segura, cumpliendo con los lineamientos y especificaciones necesarios, que garanticen el funcionamiento adecuado de dichos sistemas.

2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó una inspección preliminar para observar factores que puedan ser determinantes en el diseño hidráulico del sistema de agua potable, luego de obtener una posible ruta por donde se conducirá la tubería y se ubicarán las obras de arte; se procedió a realizar el levantamiento topográfico, el cual servirá para determinar la posición horizontal y vertical de puntos específicos en dicha ruta.

Con el levantamiento topográfico se obtienen elevaciones y coordenadas, así como la longitud de la línea de conducción y red de distribución. Con esta información podrán realizarse los planos topográficos.

2.2.1. Planimetría

Es el conjunto de trabajos necesarios para la obtención de la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal. En este caso se utilizó el método de conservación de azimut, ya que es el más adecuado en la medición de poligonales abiertas.

2.2.2. Altimetría

Es el conjunto de trabajos necesarios para la obtención de la representación gráfica de la tercera dimensión del terreno; toma en cuenta las tres dimensiones y generalmente se le llama trabajos de nivelación.

La unión de trabajos de planimetría y altimetría proyecta en un plano toda la información requerida del terreno siendo la base para el diseño del sistema de agua.

2.3. Diseño hidráulico

2.3.1. Consideraciones generales

La implementación de sistemas de agua potable se hace con el objeto de resguardar la salud de los habitantes de una comunidad, como parte del saneamiento básico para las comunidades, que también incluye una red de drenajes de aguas negras y una adecuada disposición de la basura.

El agua debe proveerse de una manera continua, a la vez que deberá ser sanitariamente segura; es decir, agua limpia que no produzca enfermedades. Debe ser clara, inodora transparente e insípida, libre de agentes químicos y microorganismos patógenos; el servicio de agua potable debe optimizarse en cantidad, calidad, continuidad y costo.

2.3.1.1. Fuentes de agua

Para el abastecimiento de agua del caserío Chirijuyú, se cuenta con un nacimiento ubicado en la ribera del río que recorre esta comunidad; debido a que el nacimiento se encuentra en la parte baja de la comunidad, es necesario conducir el agua por un sistema de bombeo, hacía la parte alta, para luego poder distribuirlo por gravedad.

De la misma manera para satisfacer la necesidad de agua potable al barrio Panimab'ey, se cuenta con un nacimiento ubicado en el centro recreativo Las Delicias.

2.3.1.2. Aforo de las fuentes

La época de estiaje es ideal para realizar los aforos de las fuentes, debido a que es esta época cuando las fuentes bajan su caudal, los aforos para las fuentes de abastecimiento de estos proyectos se realizaron durante el mes de abril, por medio de un aforo volumétrico, siendo los resultados para el barrio Panimab'ey de 16.1L/s por segundo y para el caserío Chirijuyú de 1.19L/s.

2.3.1.3. Calidad del agua

En las poblaciones rurales es indispensable que sean respetados los límites mínimos de potabilidad, especialmente sobre las sustancias nocivas y que se garantice la calidad bacteriológica de la fuente de abastecimiento, proporcionando agua sanitariamente segura.

El agua, cualquiera que sea su origen, atmosférico, superficial o subterráneo, puede ser portadora de un número considerable de bacterias del aire, del suelo o procedente de la descomposición de organismos superiores muertos, cuya ingestión no causará mayores peligros a la salud. Pero si el agua es contaminada por cloacales de una población que cuente con individuos portadores de enfermedades entéricas, entonces probablemente estará contaminada por gérmenes transmisores de enfermedades, y su ingestión será causa de infección.

Las principales enfermedades transmitidas por el agua, se clasifican así:

por bacterias (bacteriosis)

- Cólera
- Fiebre tifoidea
- Fiebre paratifoidea
- Disentería bacilar

por protozoarios (amebiasis)

- Disentería amebiana

por virus (virosis)

- Hepatitis infecciosa
- Poliomiелitis (parálisis infantil)

2.3.1.3.1. Examen bacteriológico del agua

El examen bacteriológico se realiza con el fin de detectar gérmenes coliformes en el agua, ya que son sumamente dañinos para el ser humano; éstos no deben ser detectables en ninguna muestra de 100ml de agua.

Las muestras de agua presentadas de las fuentes que abastecerán al barrio Panimab'ey y al caserío Chirijuyú, según los resultados, indican que bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación I, calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección, según normas internacionales para fuentes de agua de la Organización Mundial de la Salud.

2.3.1.3.2. Examen físico químico del agua

Para que el agua sea apta para consumo, debe permanecer dentro de los límites que se presentan a continuación; de esta manera será agradable a los sentidos y no causara ningún daño a la salud.

Tabla III. Características físicas del agua

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Color	5 unidades	35 unidades
Olor	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno (unidades de Ph)	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Sólidos totales (mg/L)	500.00	1000.00
Temperatura	15°C a 25°C	34°C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad (UTN)	5	15

Tabla IV. Características químicas en el agua

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Detergentes aniónicos	0.2	1
Aluminio	0.05	0.1
Amoniaco	-----	1.5
Bario	-----	1
Calcio	75	150
Cinc	3	7
Cloruro	100	250
Cobre	0.05	1.5
Dureza total	100	500
Hierro total	0.1	1
Magnesio	50	100
Manganeso	0.05	0.5
Níquel	0.01	0.02
Nitrato	-----	45
Nitrito	-----	0.01
Sustancias fenolicas	0.001	0.002
Sulfato	100	250

LMA = Limite Máximo Aceptable que debe tener el agua potable

LMP = Limite Máximo Permisible que debe tener el agua

Las características químicas y físicas en las muestras de agua de las fuentes de estos proyectos, se encuentran dentro de los límites, por lo que, desde el punto de vista de la calidad física y química, el agua cumple con las normas COGUANOR NGO 29001 (agua potable y sus derivados).

Los análisis fueron realizados por el laboratorio de química y microbiología sanitaria del Centro de Investigaciones (CII) de Ingeniería, Universidad de San Carlos. Los resultados se muestran en el apéndice B.

2.3.2. Período de diseño

Se encuentra en función de la vida económica del proyecto. Se entiende por periodo de diseño el número de años durante el cual el sistema que se proponga será adecuado para satisfacer las necesidades de la población.

Se calcula considerando la vida útil de las estructuras y equipo componente, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño, la facilidad o dificultad para realizar, ampliaciones o adiciones a las obras existentes o planteadas, relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo posibles cambios en los desarrollos de la comunidad, la industria y el comercio, capacidad del agua a manejar, operación y mantenimiento.

El periodo de diseño es reducido en poblaciones pequeñas, mientras que se incrementa en poblaciones grandes.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable para el barrio Panimab'ey y el caserío Chirijuyú, serán diseñados para un periodo de 21 años, tomándose un año para gestión del proyecto.

2.3.3. Determinación de población y proyección

El diseño de un sistema de abastecimiento de agua se basa en una estimación de la población futura a la cual servirá. La población crece por nacimientos (tasa de natalidad); y decrece por muerte (tasa de mortalidad), así mismo crece y decrece por migración.

Es importante tomar en consideración las condiciones socio-económicas, el área de desarrollo disponible, los atractivos de la comunidad, influencias externas e internas que puedan afectar.

Para la estimación de la población, oficialmente se reconoce el dato proporcionado por los centros nacionales que suministran este tipo de información. En Guatemala, es el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Los métodos más comunes para la proyección de población son: método aritmético y método geométrico. En Guatemala, generalmente se utiliza el método geométrico, por ser el que más se aproxima para definir la población futura real. Para el cálculo de la población futura se utilizará el método geométrico,

$$Pf = Pi \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Pi = Población inicial

r = Tasa de incremento poblacional

n = Periodo de diseño

Tabla V. Cálculo de la población futura

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Población inicial	1,830 habitantes	149 habitantes
Tasa de crecimiento	2.924	2.924
Período de diseño	21 años	21 años
Población futura	3,352 habitantes	273 habitantes

2.3.4. Dotaciones y consumos

Se entiende por dotación, la cantidad de agua que se asigna a cada habitante, comprendiendo todos los consumos que se haga en un día medio anual, incluyendo pérdidas.

La dotación dependerá de: clima, número de habitantes y costumbres, costo del agua, medidas de control de fugas y desperdicios, sistemas de disposición de aguas servidas.

El consumo varía de acuerdo con los países y regiones. Éste se ve influenciado por:

- Cantidad de agua que se dispone
- El tamaño, características y nivel económico de la población
- Existencia de alcantarillado
- Clase de abastecimiento (fuente)
- Calidad del agua
- La presión en la red
- Control de consumos

2.3.5. Caudales de diseño

2.3.5.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{Dotación}}{86400}$$

Donde:

P_f = Población futura

Dotación = 100L/hab/día; ésta se utilizará en los diseños

86,400 = Cantidad de segundos en un día

Este consumo puede ser obtenido como:

- La sumatoria de las dotaciones asignadas a cada vivienda.
- Resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura de diseño.
- Promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

Tabla VI. Cálculo de caudal medio diario

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Población futura	3,352 habitantes	273 habitantes
Dotación	100L/hab/día	100L/hab/día
Caudal medio diario	3.88 L/s	0.32L/s

2.3.5.2. Caudal máximo diario

Se determina en el día de máximo consumo representado en una serie de registros obtenidos durante un año. Este consumo debe ser satisfecho por el sistema, a falta de registro, el caudal máximo diario (QMD), será el producto de multiplicar el caudal medio diario por un factor que oscile entre 1.2 y 1.5 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes.

$$QMD = fmd \times Qm$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario

fmd = factor máximo diario

Qm = Caudal medio diario

Tabla VII. Cálculo de caudal máximo diario

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Caudal medio diario	3.88 L/s	0.32L/s
Factor máximo diario	1.2	1.2
Caudal máximo diario	4.66 L/s	0.38L/s

2.3.5.3. Caudal máximo horario

Se determina en la hora de máximo consumo, presentada en el día de máximo consumo, multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de 2 a 3 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes, y 2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes.

$$QMH = f_{mh} \times Qm$$

Donde:

QHD = Caudal máximo horario

fdm = factor máximo horario

QMD = Caudal medio diario

Tabla VIII. Cálculo de caudal máximo horario

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Caudal medio diario	3.88 L/s	0.32 L/s
Factor máximo horario	2	2.5
Caudal máximo horario	7.76 L/s	0.80 L/s

2.3.5.4. Caudal de bombeo

Debido a la ubicación de las fuentes, la conducción del agua hacia el tanque de almacenamiento se hará por bombeo.

El caudal de bombeo se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_b = \frac{QMD \times 24 \text{ hrs / día}}{\text{Horas de bombeo / día}}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo

QDM = Caudal de día máximo

Las horas de bombeo deben estar comprendidas entre 8 y 12 horas diarias; con esto se logra economizar y prolongar la vida útil del equipo de bombeo.

Tabla IX. Cálculo de caudal de bombeo

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Caudal máximo diario	4.66 L/s	0.38L/s
Horas de bombeo por día	8	8
Caudal de bombeo	13.98 L/s	1.14L/s

2.3.6. Cálculo de la línea de conducción (de impulsión o bombeo)

La longitud horizontal de la línea de conducción según el levantamiento topográfico, debe aumentarse en un 3%, debido a que la tubería no se coloca totalmente horizontal.

Un primer paso en la determinación del diseño de la línea de impulsión es la elección del diámetro de la tubería, se determina el diámetro económico en función de los costos de tubería y energía proyectados a un futuro cercano, en ausencia de datos de costos se utiliza una fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombes discontinuos:

$$D = 0.5873 \times N^{0.25} \times \sqrt{Q_b}$$

La cual esta basada en los siguientes parámetros:

D = diámetro interior aproximado (m).

N = número de horas de bombeo al día.

Q_b = caudal de bombeo (m³/s).

Tabla X. Cálculo de diámetros posibles para línea de impulsión

Datos	Barrio Panimab'ey			Caserío Chirijuyú		
	Caudal de bombeo (L/s)	13.98			1.14	
Caudal de bombeo (m ³ /s)	0.01398			0.00114		
Diámetros teórico (m)	0.12			0.03		
Diámetros posibles (plg)	4	5	6	1	1 ½	2
Diámetro interior (plg)	4.154	5.135	6.115	1.195	1.532	2.193

Se prueban los diámetros posibles para ver cual cumple con el rango de velocidad permitido: $V_{\text{máx}}=3\text{m/s}$; $V_{\text{mín}}=0.40\text{m/s}$.

Para encontrar la velocidad de flujo se aplica la siguiente formula:

$$V = \frac{1.974 \times Q_b}{D^2}$$

Donde:

V = Velocidad de flujo en m/s

Qb = Caudal de bombeo en L/s

D = Diámetro interior en pulgadas

Tabla XI. Cálculo de velocidad media en la línea de impulsión

Datos	Barrio Panimab'ey			Caserío Chirijuyú		
	4"	5"	6"	1"	1 ½"	2"
Diámetros posibles (plg)						
Diámetro interior	4.154"	5.135"	6.115"	1.195"	1.532"	2.193"
Velocidades	1.59m/s	1.04m/s	0.73m/s	1.57m/s	0.95m/s	0.46m/s

Debido a que los diámetros propuestos cumplen con el rango de velocidad permitido, se opta por el más económico en el mercado, por lo que se tiene para el barrio Panimab'ey un diámetro de 4" y para el caserío Chirijuyú, de 1 ½".

2.3.7. Selección del tipo de tubería

Para seleccionar el tipo de tubería se debe estimar el caudal a conducir, las condiciones en las que estará la tubería y las presiones a las que estará sometida. Se propone utilizar tubería de PVC clase 250 psi, y se verifica si es la adecuada, de la siguiente manera:

- **Golpe de ariete**

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. En el caso del cierre de una válvula, la fuerza viva con que el agua estaba animada se convertiría en trabajo, determinando en las paredes de la tubería presiones superiores a la carga inicial, si el cierre de la válvula fuere instantáneo y considerando que el agua fuese incomprensible y la tubería no fuese elástica, la sobre presión tendría un valor infinito.

En la práctica, el cierre siempre lleva algún tiempo, por pequeño que sea y la energía que va a absorberse se transforma en esfuerzos de compresión del agua y deformación de las paredes de la tubería.

Cuando se cierra la válvula el líquido se comprime y su energía de velocidad se convierte en energía de presión, ocurriendo simultáneamente la dilatación del tubo y esfuerzos internos en el líquido, propagándose un onda de presión a lo largo del conducto.

El líquido, debido a los esfuerzos internos y a la elasticidad del tubo, tiende a salir de la tubería, en dirección al depósito, con velocidad contraria a la dirección del caudal, durante un tiempo.

$$T = \frac{2 \times L}{C}$$

Siendo T la fase o período de la tubería y C la velocidad de propagación de la onda, generalmente denominada celeridad. Existe entonces, esta tendencia del agua a salir de la tubería, por la extremidad superior. Como la extremidad inferior del tubo esta cerrada, habrá una depresión interna.

La velocidad de propagación de la onda puede ser calculada por la conocida formula de Allivei,

$$C = \frac{9,900}{\left(48.3 + k \times \frac{D}{e}\right)^{1/2}}$$

Donde:

C = celeridad o golpe de aríete (m/s)

D = diámetro de los tubos (m)

e = espesor de los tubos (m)

k = coeficiente que tiene en cuenta el modulo de elasticidad $k = \frac{10^{10}}{E}$, para

tubos de PVC, k=18.

El tiempo de cierre de la válvula es un importante factor. Si el cierre es muy rápido, la válvula quedara completamente cerrada antes de actuar la onda de depresión. Por otro lado, si la válvula es cerrada lentamente, habrá tiempo para que la onda de depresión actué, antes de la obturación completa. De ahí la clasificación de las maniobras de cierre:

τ = tiempo de maniobra

$$\tau < \frac{2L}{C}, \text{ maniobra rápida}$$

$$\tau > \frac{2L}{C}, \text{ maniobra lenta}$$

La sobre presión máxima ocurre cuando la maniobra es rápida.

Si es cierre es rápido, la sobre presión máxima se puede calcular por la expresión $h_a = \frac{CV}{g}$, en caso de que la maniobra sea lenta se utiliza la fórmula

aproximada de Michaud: $h_a = \frac{2LV}{g\tau}$. Una válvula de compuerta se cierra en aproximadamente 8s.

Tabla XII. Cálculo del golpe de ariete

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Diámetro del tubo	0.1524m	0.0381m
Espesor del tubo	0.0099m	0.0028m
Celeridad	548.82m/s	578.14m/s
Longitud	816.91m	408.44
T	8s	8s
T	2.97s	1.41s

En ambos casos $\tau > T$, por lo que se realiza una maniobra lenta, se aplica entonces la fórmula de Michaud, para calcular la sobre presión, la presión total esta dada por la altura de impulsión mas la sobre presión.

Tabla XIII. Cálculo de sobre presión

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Velocidad (v)	0.81m/s	0.80m/s
Gravedad (g)	9.81m/s	9.81m/s
Sobre presión (ha)	16.86m	8.32m
Altura de impulsión (H)	72.58m	72.21m
Presión total	89.44m	80.53m

La tubería propuesta es de 250psi convirtiéndolos a kilogramo sobre metro cuadrado se tiene que:

$$250 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \times \frac{(12\text{plg})^2}{(\text{pie})^2} \times \frac{(3.28\text{pie})^2}{(1\text{m})^2} \times \frac{(1\text{kg})}{2.2\text{lb}} = 176,046.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Para obtener la presión en metros columna de agua se multiplica por el inverso del peso específico del agua ($\gamma = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

$$176,046.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{kg}} = 176.05\text{m.c.a.}$$

Debido a que la presión total en ambos proyectos no supera los 100m.c.a. se intenta con una tubería de 160psi de presión de trabajo, la cual convertida a m.c.a es de 112.50.

Entonces $112.50 > 89.44$ para el barrio Panimab'ey y $112.50 > 80.53$, por lo que se utiliza tubería de 160psi.

2.3.8. Potencia de la bomba

Según la guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales de UNEPAR e INFOM, la potencia de la bomba esta dada por:

$$P = \frac{H \times Q_b \times 100}{76 \times e}$$

Donde:

P = potencia en hp

Q_b = caudal de bombeo en l/s

H = altura de succión en m

e = eficiencia de la bomba en %

Tabla XIV. Cálculo de potencia de la bomba

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Altura de impulsión	72.58m	72.21m
Caudal de bombeo	13.98 L/s	1.14L/s
Eficiencia	60%	60%
Potencia de la bomba	22.25hp	1.80hp

2.3.9. Cavitación

Cuando un líquido en movimiento roza una superficie se produce una caída de presión local, y puede ocurrir que se alcance la presión de vaporización del líquido, a la temperatura que se encuentra dicho líquido. En ese instante se forman burbujas de vapor. Las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implotan. Este fenómeno recibe el nombre de cavitación.

La implosión causa ondas de presión que viajan en el líquido y las mismas pueden disiparse en la corriente del líquido o pueden chocar con una superficie. Si la zona donde chocan las ondas de presión es la misma, el material tiende a debilitarse metalúrgicamente y se inicia una erosión que además de dañar la superficie provoca que ésta se convierta en una zona de mayor pérdida de presión y por ende de mayor foco de formación de burbujas de vapor.

2.3.10. Carga neta positiva de succión

Es la carga disponible, medida en la abertura de succión de la bomba. Es la carga total de succión menos la presión de vapor del líquido.

Una bomba operando con elevación de succión manejará una cierta capacidad máxima de agua fría sin cavitación. La NPSH o cantidad de energía disponible en la boquilla de succión de esa bomba es la presión atmosférica menos la suma de la elevación de succión y la presión de vapor del agua

Existen dos tipos de NPSH:

- **Requerida:** es una función del diseño de la bomba, representa un margen mínimo requerido entre la carga de succión y la presión de vapor a una capacidad determinada.
- **Disponible:** es una característica del sistema en el que trabaja una bomba centrífuga, representa la diferencia entre la carga de succión absoluta existente y la presión de vapor a la temperatura dominante.

La cavitación es un fenómeno que debe evitarse, en la práctica se basa en la comparación del valor del NPSH, llamando $NPSH_{REQUERIDO}$ al entregado por el fabricante con la curva característica y $NPSH_{DISPONIBLE}$ al valor calculado de la siguiente expresión:

$$NPSH_{DISPONIBLE} = h_{atm} \pm h_s - h_f - h_l$$

Donde:

h_{atm} = presión atmosférica (m)

h_s = altura total de succión (m), negativa si la bomba se encuentra por encima del nivel de bombeo y positiva si se encuentra por debajo del mismo.

h_f = Pérdida por fricción en la tubería de succión (m)

h_l = Pérdidas totales en accesorios que estén ubicados en la tubería de succión.

$h_{atm} + h_s$: Será el valor de la altura total de aspiración.

Tabla XV. Cálculo de $NPSH_{DISPONIBLE}$

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
$NPSH_{REQUERIDO}$	6.8m	2.1m
Presión atmosférica	101.3 kpa	101.3 kpa
Hs	2.00m	3.10m
HI	0.57m	0.25m
Hf	0.02m	0.10m
$NPSH_{DISPONIBLE}$	7.73m	6.87m

Entonces $NPSH_{REQUERIDO} < NPSH_{DISPONIBLE}$, lo que indica que no está ocurriendo cavitación.

2.3.11. Obras de captación

Es toda estructura realizada con fines de coleccionar el agua de las fuentes, el trabajo consiste en hacer toda la obra civil necesaria para efectuar la captación. Estas estructuras se construyen de concreto o mampostería de piedra, de acuerdo con el diseño de las mismas, aplicando procedimientos de construcción específicos para este tipo de obras, usando piedra graduada a manera de filtro.

Deberá tratarse en lo posible de mantener las condiciones naturales del sitio de captación y cuando haya necesidad de realizar un trabajo adicional, éste deberá ser para mejorar las condiciones naturales del sitio. Se deberá tener especial cuidado en no deforestar el área ni dejar desechos de construcción que alteren la ecología del lugar.

2.3.12. Caseta de bombeo

Es la instalación que protege el equipo de bombeo, accesorios eléctricos, guarda niveles, arrancadores, etc., de la intemperie y de algún posible robo, se construye de block con losa de concreto armado, columnas y soleras, el block puede ser de 0.15m * 0.20m * 0.40m. Se construirá en la E-47, en el caso del caserío Chirijuyú, para el barrio Panimab'ey se cuenta con instalaciones aptas para la colocación del equipo de bombeo en el centro recreativo Las Delicias.

2.3.13. Válvulas

Las válvulas de control de la red para reparaciones de mantenimiento, se localizan en lo posible de tal forma que permitan aislar un tramo, sin dejar fuera de servicio una gran extensión de la red. Las válvulas que se utilizan en un sistema de agua potable son:

- a. Válvula de compuerta:** funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua.
- b. Válvulas de paso:** funcionan mediante un cono horadado que al girar permite o evita el paso del agua; se instalan al inicio de cada conexión predial.
- c. Válvulas reguladoras de presión:** sirven para reducir automáticamente la presión.
- d. Válvulas de alivio:** protegen los sistemas de bombeo, en forma automática contra presiones elevadas instantáneas, reduciéndolas a niveles tolerables.

- e. **Válvulas de aire:** su función es liberar el aire que se acumula en las tuberías.

- f. **Válvulas de limpieza:** sirven para extraer los sedimentos que se pudieran depositar en las partes bajas de la tubería.

- g. **Válvulas de chorro:** es el accesorio final que se instala en los servicios públicos y prediales, sirve para descargar el agua en forma controlada.

2.3.14. Caja rompe presión

La caja rompe presión se utilizan para disminuir la presión en el sistema, en el apéndice F se muestra el diseño de una caja rompe presión típica. Se construirán dos cajas rompe presión en el proyecto del caserío Chirijuyú únicamente. Su ubicación se indica en los planos.

2.3.15. Tanque de almacenamiento

Es un depósito de agua, cuya función principal es compensar las variaciones de consumo, almacenar un volumen determinado, como reserva para contingencias o para regular presiones en la red de distribución.

2.3.15.1. Volumen de almacenamiento

Un diseño adecuado bajo normas indica que el volumen del tanque de almacenamiento, para un sistema por bombeo deberá ser de 40% a 67% del caudal medio diario; esto en función del clima y sin considerar eventualidades.

$$\text{Volumen de almacenamiento} = \frac{\% \times Q_m \times 86,400}{1000}$$

Tabla XVI. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Porcentaje	50%	50%
Caudal medio diario	3.88 L/s	0.32L/s
Volumen del tanque	168m ³	14m ³

2.3.15.2. Diseño del tanque de almacenamiento

Para estos proyectos se diseñarán tanques semienterrados de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado; el diseño se detalla a continuación.

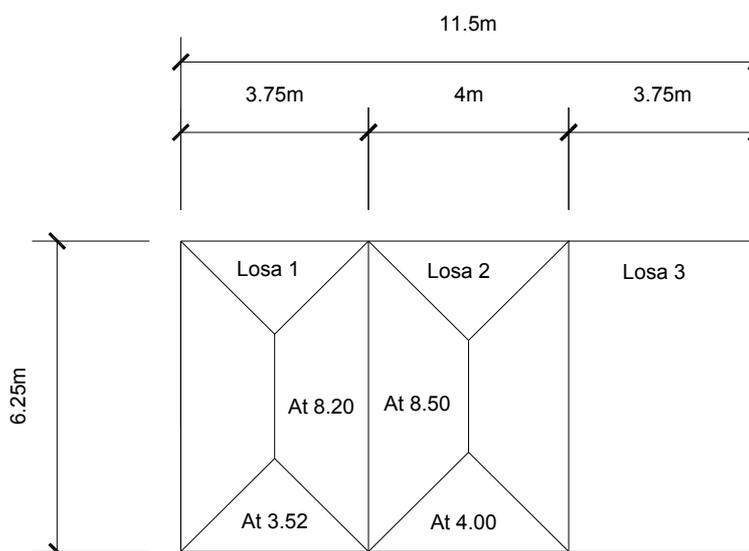
2.3.15.2.1. Diseño del tanque de almacenamiento del sistema de agua potable para el barrio Panimab'ey

Las dimensiones del tanque serán de 11.25m de largo por 6m de ancho y 2.50m de profundidad.

a. Diseño de la losa

Con base en el método 3 del ACI, se diseñarán tres losas; dos iguales de 3.75m x 6.25m y una de 4.00m x 6.25, unidas por dos vigas intermedias, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. Esquema de la losa del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey



- **Funcionamiento de las losas**

Si la relación $m = \frac{l_a}{l_b}$ es mayor que 0.5 debe diseñarse en 2 sentidos; si es menor que 0.5 se diseña en un sentido.

Para las losas 1 y 3 se tiene:

$$m = \frac{l_a}{l_b} = \frac{3.75}{6.25} = 0.6$$

l_a = lado de menor longitud de la losa

l_b = lado de mayor longitud de la losa

Por ser 0.6 mayor que 0.5; se diseña la losa en dos sentidos.

Para determinar el espesor de la losa se utilizará la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{2(6.25 + 3.75)}{180} = 0.11$$

Se prueba utilizando un espesor de 10cm.

- **Integración de las cargas**

Carga última o carga de diseño: se toma en cuenta la carga muerta, que es el peso propio de la losa más sobrecargas de 50kg/m^2 y una carga viva de 100kg/m^2 .

$$W_u = 1.4CM + 1.7CV$$

$$W_u = 1.4 (2400 \times 0.10 + 50) + 1.7 (100)$$

$$W_u = 406.00 + 170.00 = 576.00 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño se toma una franja unitaria de 1m de ancho, por lo que se tiene:

$$W_{uU} = 576.00 \text{ kg/m}^2 \times 1\text{m} = 576.00 \text{ kg/m}$$

- **Momentos actuantes**

Según las tablas del American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto), se tiene que para losas continuas en su lado largo, según el caso 6, los momentos actuantes están dados por las siguientes fórmulas:

Momentos negativos

$$M_A (-) = C_{A(-)} W_u l_A^2$$

$$M_B (-) = C_{B(-)} W_u l_B^2$$

Donde:

C = Coeficientes de tablas ACI

l_A = Dimensión del lado corto considerado

l_B = Dimensión del lado largo considerado

W_u = Carga muerta más carga viva uniforme total

Para estas losas no existe momento negativo en el lado largo, por lo que sólo se calcula el momento para el lado corto, según las tablas para $m=0.6$ se tiene que $C_{A(-)} = 0.095$; entonces el momento negativo queda así:

$$M_{A(-)} = 0.095 \times 576 \times (3.75)^2 = 769.5 \text{ kg-m}$$

Momentos positivos

$$M_A(+)= C_{A,dl}CM_u l_A^2 + C_{A,ll} CV_u l_A^2$$

$$M_B (+)= C_{B,dl}CM_u l_B^2 + C_{B,ll} CV_u l_B^2$$

Donde:

C_{dl} = Coeficiente debido a la carga muerta

C_{ll} = Coeficiente debido a la carga viva

l_A = Dimensión del lado corto considerado

l_B = Dimensión del lado largo considerado

CM_u = Carga muerta uniforme total

CV_u = Carga viva uniforme total

Para $m=0.60$ se tienen los siguientes coeficientes:

$$C_{A,dl} = 0.056$$

$$C_{A,ll} = 0.068$$

$$C_{B,dl} = 0.006$$

$$C_{B,ll} = 0.008$$

Por lo que los momentos positivos quedan así:

$$M_A(+)= 0.056 \times 406 \times (3.75)^2 + 0.068 \times 170 \times (3.75)^2 = 482.29 \text{ kg-m}$$

$$M_B (+)= 0.006 \times 406 \times (6.25)^2 + 0.008 \times 170 \times (6.25)^2 = 148.28 \text{ kg-m}$$

De igual manera se trabaja la losa 2; con $m=4/6.25=0.64$; se tiene una losa en dos sentidos, por ser esta losa continua en sus dos lados largos se aplica el caso 5.

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{2(6.25 + 4.00)}{180} = 0.11$$

Se prueba utilizando un espesor de 10cm.

Utilizando las mismas cargas, se calculan los momentos; como no existe un valor exacto para la relación $m = 0.64$ se hizo una interpolación quedando los coeficientes así:

Momento negativo

No existe momento negativo en el lado B; para encontrar el momento negativo en el lado A, utilizando los valores de las tablas, se interpola:

0.65 → 0.087

0.64 → $C_{A,(-)}$ Interpolando se tiene que: $C_{A,(-)} = 0.0872$

0.60 → 0.088

$$M_{A(-)} = 0.0872 \times 576 \times (4)^2 = 803.64 \text{ kg-m}$$

Momentos positivos

$$0.65 \rightarrow 0.036 \\ 0.004$$

$$0.64 \rightarrow C_{A,dl} \quad \text{Interpolando se tiene que:} \quad C_{A,dl} = 0.0362 \\ C_{B,dl} \quad C_{B,dl} = 0.0038$$

$$0.60 \rightarrow 0.037 \\ 0.003$$

$$0.65 \rightarrow 0.055 \\ 0.009$$

$$0.64 \rightarrow C_{A,II} \quad \text{Interpolando se tiene que:} \quad C_{A,II} = 0.0558 \\ C_{B,II} \quad C_{B,II} = 0.0086$$

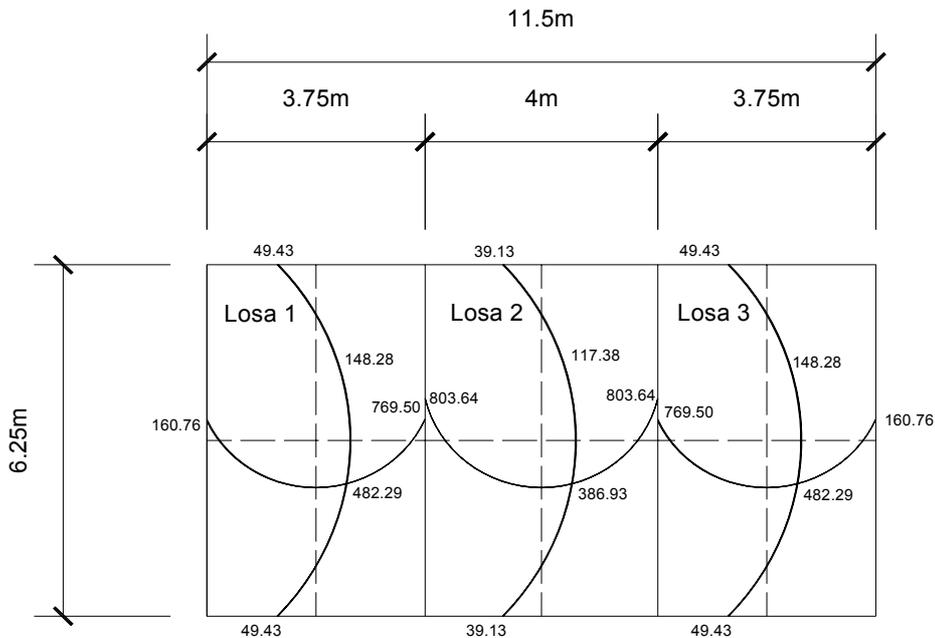
$$0.60 \rightarrow 0.059 \\ 0.007$$

Los momentos quedan así:

$$M_A (+) = 0.0362 \times 406.00 \times (4)^2 + 0.0558 \times 170 \times (4)^2 = 386.93 \text{ kg-m}$$

$$M_B (+) = 0.0038 \times 406.00 \times (6.25)^2 + 0.0086 \times 170 \times (6.25)^2 = 117.38 \text{ kg-m}$$

Figura 4. Diagrama de momentos de la losa del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey

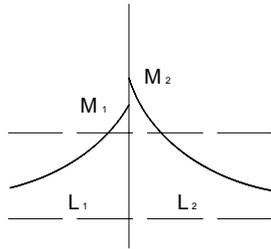


- **Balanceo de momentos**

Cuando dos losas tienen un lado en común y momentos diferentes, éstos deben balancearse antes de diseñar los refuerzos que requieren las losas. Según el caso, el balanceo se hace de la siguiente manera:

$$\text{Si } 0.80M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \rightarrow M_b = \frac{M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}}{2}$$

Si $0.80M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}} \rightarrow$ Se balancean proporcionalmente a su rigidez, de la siguiente manera:



$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

\$L_1\$ y \$L_2\$ = Longitud de losa considerada

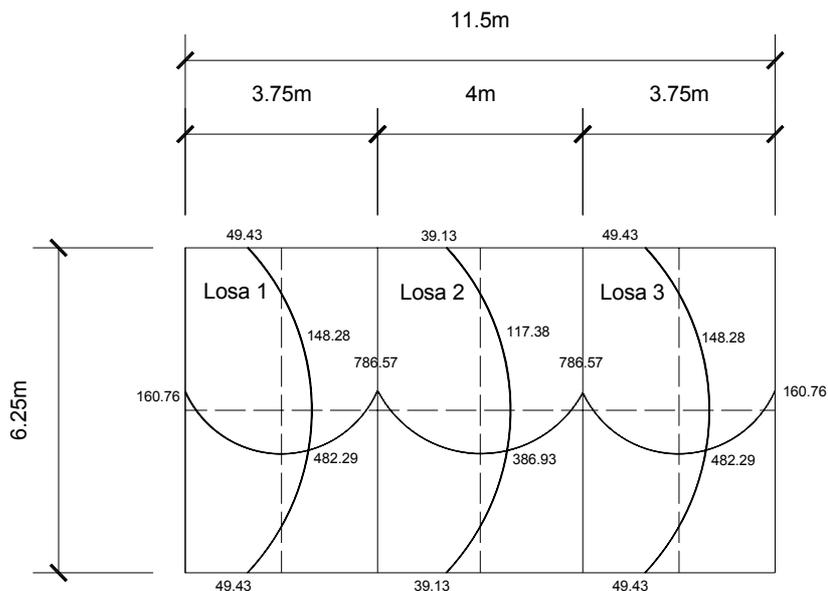
Momento mayor = 803.64 kg-m

Momento menor = 769.50 kg-m

$$0.80(803.64) = 642.91 \leq 769.50 \rightarrow M_b = \frac{803.64 + 769.50}{2} = 786.57 \text{ kg-m}$$

Por lo tanto, el diagrama de momentos queda así:

Figura 5. Diagrama de momentos balanceados de la losa del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey



- **Diseño del acero de refuerzo**

El refuerzo para la losa se diseña considerando una viga de ancho unitario de un metro; el procedimiento es el siguiente:

Suponiendo varillas No. 3; con $\varnothing = 0.9525\text{cm}$ el peralte efectivo será:

$$\text{Peralte efectivo} = 10 - 2.5 - 0.9525/2 = 7.00 \text{ cm}$$

Acero mínimo que deberá utilizarse para refuerzo:

$$A_{s_{\min}} = 0.4 \times 14.1 \times \frac{100(d)}{f_y}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.4 \times 14.1 \times \frac{100(7)}{2810} = 1.40\text{cm}^2$$

Espaciamiento mínimo (S_{\min}) para el acero mínimo ($A_{s_{\min}}$):

$$1.40\text{cm}^2 \rightarrow 100\text{cm}$$

$$0.71\text{cm}^2 \rightarrow S_{\min}$$

$$S_{\min} = 50.00\text{cm}$$

Cálculo del momento que resiste $A_{s_{\min}} = 1.40\text{m}^2$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0.9 \left[A_{s_{\min}} \times f_y \left(d - \frac{A_{s_{\min}} \times f_y}{1.7 \times f'c \times 100} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0.9 \left[1.4 \times 2810 \left(7 - \frac{1.40 \times 2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) \right] = 24,394.04 \text{ kg-cm}$$

$$243.94 \text{ kg-m}$$

El espaciamiento de la armadura en las secciones críticas no debe exceder de dos veces el espesor de la losa, según el ACI 318-99; capítulo 13; sección 13.3.2.

$$S_{\text{máx}} = 2(10) = 20\text{cm}$$

Calculando A_s para $S_{\text{máx}}$ tenemos que $A_{s\text{máx}} = 3.55\text{cm}^2$

$$A_{s\text{máx}} \rightarrow 100\text{cm}^2$$

$$0.71\text{cm}^2 \rightarrow 20\text{cm}^2$$

- **Cálculo de áreas de acero, requeridas para las losas del tanque**

Para los momentos menores que resiste el $M_{\text{As}_{\text{min}}}$ se usa $A_{s_{\text{min}}}$ y con un espaciamiento de $S_{\text{máx}} = 20\text{cm}$; para los momentos mayores al $M_{\text{As}_{\text{min}}}$, se calcula el área de acero requerida, con la fórmula siguiente:

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0.003825 \times f'c}} \right] \times 0.85 \left[\frac{f'c}{f_y} \right]$$

Donde:

M_u = Momento último (kg-m)

$f'c$ y f_y en kg/cm^2

b y d en cm.

A_s en cm^2

Tabla XVII. Momentos actuantes en la losa del tanque de almacenamiento del Barrio Panimab'ey

Tipo de momento	Momento	Base (b) cm	Espesor (t) cm	Peralte efectivo d (cm)	As _{req} cm	S _{req} cm	S _{máx} cm
(-)	39.13	100	10	7	1.40	50	20
(-)	49.43	100	10	7	1.40	50	20
(+)	117.38	100	10	7	1.40	50	20
(+)	148.28	100	10	7	1.40	50	20
(-)	160.76	100	10	7	1.40	50	20
(+)	386.93	100	10	7	2.24	30	20
(+)	482.29	100	10	7	2.81	25	20
(-)	786.57	100	10	7	4.69	15	20

El armado de la losa se detalla en los planos.

- **Verificación por corte**

Los esfuerzos por corte deberán ser resistidos únicamente por el concreto que conforma la losa, por lo que solamente se comprueba si el espesor de la losa es el adecuado para soportar los esfuerzos.

Cálculo del corte máximo actuante:

$$V_{\text{máx}} = \frac{W_{uU} \times L}{2} = \frac{576 \times 6.5}{2}$$

$$V_{\text{máx}} = 1,872.00 \text{ kg}$$

Cálculo del corte máximo resistente:

$$V_{res} = 45 \times \sqrt{f'c} \times t$$

$$V_{res} = 45 \times \sqrt{210} \times 10 = 6,521.12 \text{ kg}$$

Entonces $V_{m\acute{a}x} < V_{res}$, lo que significa que el espesor es adecuado y la losa resiste los esfuerzos de corte.

b. Dise\~no de las vigas intermedias

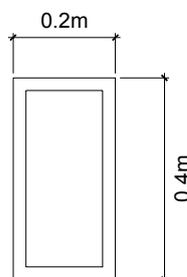
Debido a que la longitud de la viga es de 6.5m, se predimensiona utilizando para la altura 6% de la luz; y para la base $h/2$; por lo que se tiene que:

$$h = 0.06 (6.5) = 0.39 \text{ m}; \text{ se aproxima a } 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{0.40}{2} = 0.20$$

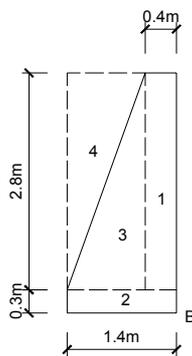
Quedando la secci3n de la viga as\~i:

Figura 6. Secci3n de viga intermedia del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey



Con las dimensiones de la sección propuesta, se determina el peso propio de la viga y el peso de la losa, por medio de áreas tributarias.

Figura 7. Diagrama de áreas tributarias de la viga intermedia del tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey



Peso propio de la viga

$$W_{\text{viga}} = 1.4(b \times h \times \gamma_{\text{concreto}})$$

$$W_{\text{viga}} = 1.4(0.20 \times 0.40 \times 2400) = 268.8 \text{ kg/m}$$

Peso de la losa sobre la viga

$$W_{\text{losa}} = \frac{A_t \times W_u}{L}$$

$$W_{\text{losa}} = \frac{(8.20 + 8.50) \times 576}{6.25} = 1,539.07 \text{ kg/m}$$

Carga total

$$W_t = W_{\text{viga}} + W_{\text{losa}}$$

$$W_t = 268.80 + 1,539.07 = 1,807.87 \text{ kg/m}$$

- **Determinación de los momentos y cortes actuantes en la viga**

Momento negativo

$$M_{(-)} = \frac{W_t \times L^2}{8}$$

$$M_{(-)} = \frac{1,807.87 \times (6.5)^2}{8} = 9,547.81 \text{kg-m}$$

Momento positivo

$$M_{(+)} = \frac{W_t \times L^2}{12}$$

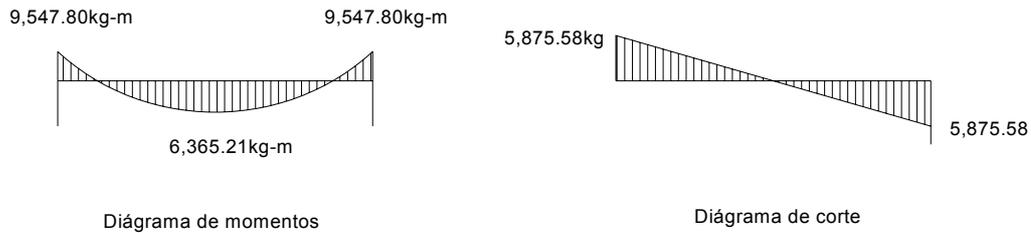
$$M_{(+)} = \frac{1,807.87 \times (6.5)^2}{12} = 6,365.21 \text{kg-m}$$

Corte último

$$V_u = \frac{W_t \times L}{2}$$

$$V_u = \frac{1,807.87 \times (6.5)}{2} = 5,875.58 \text{kg}$$

Figura 8. Diagrama de cortes y momentos en viga intermedia del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey



Límites de acero: previo al diseño del refuerzo longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe de estar este, utilizando los siguientes criterios:

Cálculo del área de acero mínimo $A_{smín}$.

$$A_{smín} = \rho_{mín} \times b \times d \qquad A_{smín} = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d$$

$$d = h - rec - est - \frac{\varnothing}{2}$$

$$d = 40 - 2.5 - 0.9525 - 1.905/2 = 35.50\text{cm}$$

$$A_{smín} = \frac{14.1}{2,810} \times 20 \times 35.5 = 3.56\text{cm}^2$$

Cálculo del área de acero máximo $A_{smáx}$.

Para lugares sísmicos $\rho_{m\acute{a}x} = 0.5\rho_{bal}$; entonces,

$$A_{sm\acute{a}x.} = 0.5\rho_{bal} \times b \times d$$

Donde

$$\rho_{bal} = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{6,090}{f_y + 6,090}$$

$\beta_1 = 0.85$ si y solo si $f'c \leq 280\text{kg/cm}^2$; si $f'c > 280\text{kg/cm}^2 \rightarrow$

$\beta_1 = 0.85 - \frac{f'c - 280}{70} \times 0.05$; por lo tanto tenemos que:

$$\rho_{bal} = \frac{0.85 \times 0.85 \times 210}{2,810} \times \frac{6,090}{2,810 + 6,090} = 0.03695$$

$$A_{sm\acute{a}x.} = 0.5(0.03695) \times 20 \times 35.5 = 13.11\text{cm}^2$$

- **Refuerzo longitudinal**

Con los momentos obtenidos, se calculan las áreas requeridas para cada momento, cuidando de mantenerlas dentro del rango permisible.

Para el momento 9,547.80kg/m se tiene un área de:

$$AS_{req} = \left[20 \times 35.5 - \sqrt{(20 \times 35.5)^2 - \frac{9,547.80 \times 20}{0.003825 \times 210}} \right] \times 0.85 \left[\frac{210}{2810} \right]$$

$$AS_{req} = 12.31\text{cm}$$

Para el momento 6,365.21kg/m se tiene un área de:

$$AS_{req} = \left[20 \times 35.5 - \sqrt{(20 \times 35.5)^2 - \frac{6,024.50 \times 20}{0.003825 \times 210}} \right] \times 0.85 \left[\frac{210}{2810} \right]$$

$$AS_{req} = 7.30\text{cm}$$

Con las áreas requeridas para cada momento, se hace la distribución del acero, tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

- **Refuerzo en cama superior**

Se debe colocar como mínimo, dos o más varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: 33% del As calculado para el $M_{(-)}$ de ambos extremos de la viga o As_{\min} .

$$As_{\min} \text{ en } M_{(-)} \begin{cases} 33\% \times As_{req} (M_{-})_{der} = 4.06\text{cm}^2 \\ As_{\min} = 3.56\text{cm}^2 \\ As_{corr} = 2\text{No.}5 + 1\text{No.}3 = 4.67\text{cm}^2 \end{cases}$$

Se colocarán 2 bastones No.6 y 1 No. 5

- **Refuerzo en cama inferior**

Se deben colocar como mínimo, dos o mas varillas corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: 50% del As calculado para el $M_{(+)}$ o del $M_{(-)}$ de ambos extremos de la viga o As_{\min} .

$$A_{s_{\min}} \text{ en } M_{(-)} \begin{cases} 50\% \times A_{s_{\text{req}}} (M-)_{\text{der}} = 6.15\text{cm}^2 \\ 50\% \times A_{s_{\text{req}}} (M+)_{\text{cen}} = 3.65\text{cm}^2 \\ A_{s_{\min}} = 3.56\text{cm}^2 \\ A_{s_{\text{corr}}} = 2\text{No.6} + 1\text{No.3} = 6.41\text{cm}^2 \end{cases}$$

Se colocarán 2 bastones No. 3

- **Acero transversal**

Éste es el refuerzo por corte; se suministra en forma de estribos espaciados a intervalos variables a lo largo del eje de la viga según sea necesario. El procedimiento para el diseño de los estribos es el siguiente:

Cálculo del esfuerzo de corte que resiste el concreto V_{c_u} :

$V_{c_u} = \phi \times 0.53 \sqrt{f'c} \times b \times d$; donde $\phi = 0.85$ para corte, entonces:

$$V_{c_u} = 0.85 \times 0.53 \sqrt{210} \times 20 \times 34.61 = 4,518.93\text{kg}$$

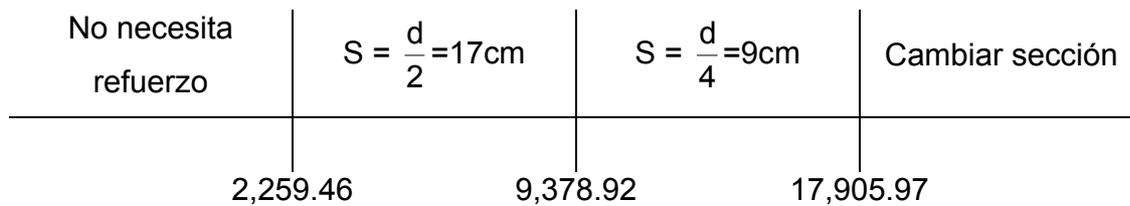
Corte actuante, tomando el dato del diagrama de corte $V_u = 5,875.58\text{kg}$

El refuerzo se diseña de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Límite 1} &= \phi \times 1.1 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 0.85 \times 1.1 \times \sqrt{210} \times 20 \times 34.61 \\ &= 9,378.92\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite 2} &= \phi \times 2.1 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 0.85 \times 2.1 \times \sqrt{210} \times 20 \times 34.61 \\ &= 17,905.21\text{kg} \end{aligned}$$

$$\text{Límite máximo} = \frac{V_{c_u}}{2} = \frac{4,518.93}{2} = 2,259.46 \text{kg}$$



Corte de acero y espaciamiento de corte resistente, donde se debe colocar refuerzo:

$$\phi V_s = V_u - V_{c_u}$$

Donde:

$$\phi V_s = \text{Corte del acero (kg)}$$

$$V_u = \text{Corte último de la viga (kg)}$$

$$V_{c_u} = \text{Corte del concreto (kg)}$$

$$\phi V_s = 5,875.58 - 4,518.93 = 1,357.05 \text{kg}$$

Cálculo del espaciamiento

$$S = \frac{A_{\text{var}} \times f_y \times d}{\phi V_s}$$

Donde:

$$A_{\text{var}} = \text{Área de la varilla a utilizar}$$

Entonces se tiene que:

$$S = \frac{2 \times 0.71 \times 2,810 \times 34.61}{1,357.05} = 101.76 \text{cm}$$

Corte de acero máximo y espaciamiento máximo:

$$\phi V_s = \frac{A_{var} \times f_y \times d}{d/2}$$

$$\phi V_s = \frac{2 \times 0.71 \times 2,810 \times 34.61}{34.61/2} = 7,980.40 \text{kg}$$

$$V_{s\text{máx}} = \phi V_s + V_{C_u}$$

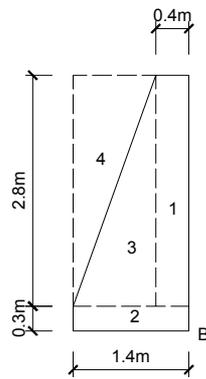
$$V_{s\text{máx}} = 7,980.40 + 4,518.93 = 12,499.33 \text{kg.}$$

$$S_{\text{máx}} = \frac{d}{2} = \frac{34.61}{2} = 17.3 \text{cm} \approx 17 \text{cm}$$

El primer estribo se coloca a $S/2$; es decir 0.08m del rostro del apoyo, luego se colocan 38 estribos No.3 a cada 0.15m.

c. Diseño del muro

Figura 9. Sección del muro del tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey



- **Determinación de los coeficientes de empuje**

Coeficiente de empuje pasivo:

$$K_p = \frac{1 - \text{sen}(30^\circ)}{1 + \text{sen}(30^\circ)} = 1/3$$

Coeficiente de empuje activo:

$$K_a = \frac{1 + \text{sen}(30^\circ)}{1 - \text{sen}(30^\circ)} = 3$$

El muro se diseñará para que soporte la sobrecarga que ejercerá la losa y la viga sobre él.

Peso total que soportará el muro = $W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$

$$W_{\text{total}} = \frac{\gamma_{\text{concreto}} \times t \times \text{ancho}}{A_t} + \frac{\gamma_{\text{concreto}} \times b \times h}{A_t \times b}$$

$$W_{\text{total}} = \frac{2400 \times 0.10 \times 6.5}{8.20} + \frac{2400 \times 0.20 \times 0.40}{16.7 \times 0.20}$$

$$W_{\text{total}} = 307.31 \text{kg}$$

- **Cálculo de las presiones que actúan sobre el muro**

Fuerza actuante = F_a

$$F_a = k_a \times \gamma_{\text{suelo}} \times h = \frac{1}{3} \times 1200 \times 2.80 = 1,120.00 \text{kg/m}^2$$

Fuerza resistente = F_r

$$F_r = k_p \times W_{\text{tot}} = 3 \times 307.31 = 921.93 \text{kg/m}^2$$

- **Cálculo de cargas totales de los diagramas de presión**

Carga actuante

$$P_a = \frac{1}{2} \times F_a \times h = \frac{1}{2} \times 1,120.00 \times 2.80 = 1,568.00 \text{kg/m}$$

Carga resistente

$$P_r = F_r \times e = 921.93 \times 0.40 = 368.77 \text{kg/m}$$

- **Cálculo de momentos al pie del muro**

Momento actuante

$$M_a = P_a \times \frac{h}{3} = 1,568.00 \times \frac{2.8}{3} = 1,463.47 \text{kg-m}$$

Momento resistente

$$M_r = P_r \times \frac{h + 0.60}{3} = 368.77 \times \frac{2.8 + 0.60}{3} = 626.91 \text{kg-m}$$

- **Caso crítico**

Se dará cuando el tanque se encuentre vacío, por lo cual se divide el muro en figuras geométricas conocidas como se muestra en la Figura 10.; para calcular el peso total del sistema de sostenimiento y el momento que se produce respecto del punto B.

Figura 10. Momentos actuantes en el muro del tanque de almacenamiento de barrio Panimab'ey

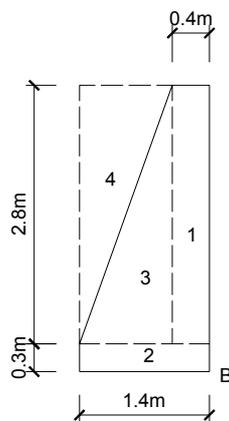


Tabla XVIII. Cálculo de momentos actuantes en el muro (Tanque de almacenamiento barrio Panimab'ey)

FIG	AREA (m ²)	P.E.	W (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	1.12	2500	2,800	0.20	560.00
2	0.42	2500	1,050	0.70	735.00
3	1.40	2500	3,500	0.73	2,555.00
4	1.40	1200	1,680	1.06	1,797.60
W _{tot} =			9,030	M _{Btot} =	5,647.60

- **Verificación de estabilidad contra volteo**

Para esta verificación, se compara el momento resistente con el actuante, debiendo ser el momento resistente por lo menos un 50% mayor que el actuante.

$$F_s = \frac{M_r}{M_a} > 1.5$$

Donde:

F_s=Factor de seguridad

M_r=Momentos resistentes

M_{act}=Momentos actuantes

Entonces se tiene que:

$$F_s = \frac{M_{Btot} + M_r}{M_a} = \frac{5,647.25 + 626.91}{1,463.47} = 4.29 > 1.5$$

- **Verificación de estabilidad por deslizamiento**

$$F_s = \frac{P_r}{P_a} > 1.5$$

Donde:

F_s = Factor de seguridad

P_r=cargas que resiste el muro

P_a=cargas que actúan sobre muro

Entonces se tiene que:

$$F_s = \frac{P_{tot} + P_r}{P_a} = \frac{9,030 + 368.77}{1,568.00} = 5.99 > 1.5$$

- **Verificación de presiones máximas y mínimas sobre la base del muro**

La verificación determina si la estructura resistirá las presiones del empuje del suelo, la distancia “x” a partir del punto B, donde actúa la resultante de las cargas verticales será:

$$x = \frac{M_{total}}{W_{total}} = \frac{M_{Btot} + M_r - M_a}{W_{tot} + P_r} = \frac{6,647.60 + 626.91 - 1,463.47}{9,030 + 368.77} = 0.51 \text{cm}$$

La verificación debe ser $3x > 1.5$; entonces $3(0.51) = 1.53 > 1.5$; lo cual indica que no habrá presiones negativas.

La presión máxima y mínima está dada por:

$$q = \frac{W_{\text{tot}} + P_r}{b \times a} \pm \frac{6 \times (W_{\text{tot}} + P_r) \times \left(\frac{b}{2} - x\right)}{b^2}$$

Presión máxima

$$q = \frac{9,030 + 368.77}{1.4 \times 1} + \frac{6 \times (9,030 + 368.77) \times \left(\frac{1.4}{2} - 0.51\right)}{1.4^2} = 14,705.94 \text{kg/m}^2$$

Presión mínima

$$q = \frac{9,030 + 368.77}{1.4 \times 1} - \frac{6 \times (9,030 + 368.77) \times \left(\frac{1.4}{2} - 0.51\right)}{1.4^2} = 3,880.87 \text{kg/m}^2$$

El valor soporte del suelo es de: 15,607kg/m², el cual es mayor que las presiones sobre la base del muro, por lo tanto las dimensiones del muro son adecuadas.

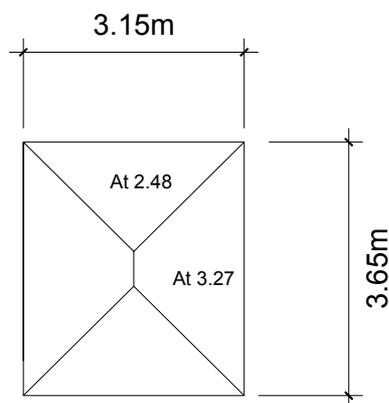
2.3.15.2.2. Diseño del tanque de almacenamiento del sistema de agua potable para el caserío Chirijuyú

Para el caserío Chirijuyú, se diseñará un tanque con capacidad de 14m³, bajo los mismos criterios y siguiendo el mismo procedimiento que para el tanque de almacenamiento del barrio Panimab'ey, por lo que solo se plantearán las dimensiones de los elementos y el resumen de los cálculos realizados en los siguientes puntos. Las dimensiones del tanque serán de: 3m x 3.5m x 1.5m.

a. Diseño de losa

Con base en el método 3 del ACI, se diseñará una losa de 3.15m x 3.65m, apoyada en la viga perimetral del tanque según indica la figura.

Figura 11. Esquema de losa del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú



• Funcionamiento de las losas

$$m = \frac{l_a}{l_b} = \frac{3.15}{3.65} = 0.86$$

Por ser 0.86 mayor que 0.5, se diseña la losa en dos sentidos.

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{2(3.30 + 3.80)}{180} = 0.08$$

Se utiliza un espesor de 10cm.

- **Carga última o carga de diseño**

Se toma en cuenta la carga muerta, que es el peso propio de la losa más una carga viva de 80kg/m^2 .

$$W_u = 1.4 (2400 \times 0.10) + 1.7 (80)$$

$$W_u = 336.00 + 136.00 = 472.00 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{uU} = 472.00 \text{ kg/m}^2 \times 1\text{m} = 472.00 \text{ kg/m} = \text{Carga última unitaria}$$

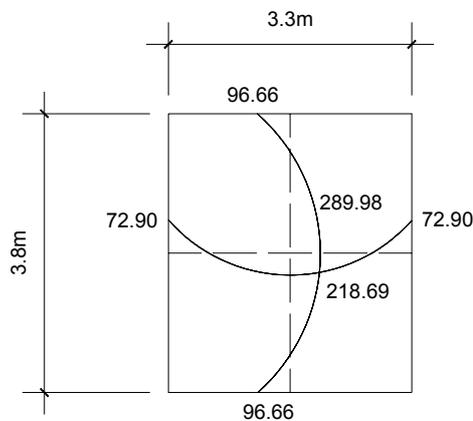
- **Momentos actuantes**

Según las tablas del ACI, se tiene que para losas sin lados continuos, según el caso 1, no existen momentos negativos; por lo que los momentos positivos son los siguientes:

$$M_{A(+)} = 0.049 \times 336 \times (3.3)^2 + 0.0266 \times 136 \times (3.3)^2 = 218.69\text{kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0.049 \times 336 \times (3.8)^2 + 0.0266 \times 136 \times (3.8)^2 = 289.98\text{kg-m}$$

Figura 12. Diagrama de momentos de la losa del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú



- **Diseño del acero de refuerzo**

$$\text{Peralte efectivo} = 10 - 2.5 - 0.9525/2 = 7.00 \text{ cm}$$

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = 0.4 \times 14.1 \times \frac{100(d)}{f_y}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.4 \times 14.1 \times \frac{100(7)}{2810} = 1.40 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento S_{\min} mínimo para $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned} 1.40 \text{ cm}^2 &\rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0.71 \text{ cm}^2 &\rightarrow S_{\min} \end{aligned} \quad S_{\min} = 50.00 \text{ cm}$$

Cálculo del momento que resiste $A_{s_{\min}} = 1.40 \text{ m}^2$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0.9 \left[1.4 \times 2810 \left(7 - \frac{1.40 \times 2810}{1.7 \times 210 \times 100} \right) \right] = 24,394.04 \text{ kg-cm}$$

$$243.94 \text{ kg-m}$$

$$S_{\min} = 3.55 \text{ cm}$$

Tabla XIX. Momentos actuantes en losa del tanque de almacenamiento del caserío Chirijuyú.

Tipo de momento	Momento	Base (b) cm	Espesor (t) cm	Peralte efectivo d (cm)	As _{req} cm	S _{req} cm	S _{máx} cm
(-)	72.90	100	10	7	1.40	50	20
(-)	96.66	100	10	7	1.40	50	20
(+)	218.69	100	10	7	1.40	50	20
(+)	289.98	100	10	7	1.67	42	20

El armado de la losa se detalla en los planos.

- **Verificación por corte**

Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\text{máx}} = \frac{W_{uU} \times L}{2} = \frac{472 \times 3.8}{2}$$

$$V_{\text{máx}} = 896.80 \text{ kg}$$

Cálculo del corte máximo resistente

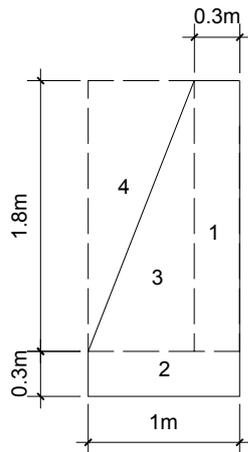
$$V_{\text{res}} = 45 \times \sqrt{f'c} \times t$$

$$V_{\text{res}} = 45 \times \sqrt{210} \times 10 = 6,521.12 \text{ kg}$$

Entonces $V_{\text{máx}} < V_{\text{res}}$, lo que significa que el espesor es adecuado y la losa resiste los esfuerzos de corte.

b. Diseño del muro

Figura 13. Sección del muro del tanque de almacenamiento del caserío Chirijuyú



• Determinación de los coeficientes de empuje

Coeficiente de empuje pasivo

$$K_a = 1/3$$

Coeficiente de empuje activo

$$K_a = 3$$

Peso total que soportará el muro = W_{losa}

$$W_{total} = \frac{2400 \times 0.10 \times 3.65}{3.27}$$

$$W_{total} = 267.89\text{kg}$$

- **Cálculo de las presiones que actúan sobre el muro**

Fuerza actuante

$$F_a = 720.00\text{kg/m}^2$$

Fuerza resistente = F_r

$$F_r = 803.67\text{kg/m}^2$$

- **Cargas totales de los diagramas de presión**

Carga actuante

$$P_a = 648.00\text{kg/m}$$

Carga resistente

$$P_r = 241.10\text{kg/m}$$

- **Cálculo de momentos al pie del muro**

Momento actuante

$$M_a = 388.88\text{kg-m}$$

Momento resistente

$$M_r = 289.32\text{kg-m}$$

- **Caso crítico**

Ocurrirá cuando el tanque se encuentre vacío, por lo cual se divide el muro en figuras geométricas conocidas como se muestra en la Figura 14.; para calcular el peso total del sistema de sostenimiento y el momento que se produce respecto al punto B.

Figura 14. Momentos actuantes en el muro del tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú

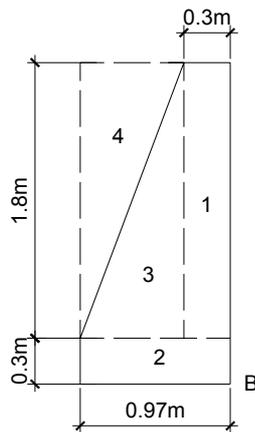


Tabla XX. Momentos actuantes en el muro (Tanque de almacenamiento caserío Chirijuyú)

FIG	AREA (m ²)	P.E.	W (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	0.54	2500	1,350	0.15	202.50
2	0.30	2500	750	0.50	375.00
3	0.63	2500	1,575	0.53	1,212.75
4	0.63	1200	756	0.77	400.68
$W_{tot} =$			4,431	$M_{Btot} =$	
					2,190.93

- **Verificación de estabilidad contra volteo**

$$F_s = \frac{2,190.93 + 277.45}{388.88} = 6.35 > 1.5$$

- **Verificación de estabilidad por deslizamiento**

$$F_s = \frac{4,431 + 231.21}{648.00} = 7.19 > 1.5$$

- **Verificación de presiones máximas y mínimas sobre la base del muro**

Presión máxima

$$q = \frac{4,431 + 231.21}{1 \times 1} + \frac{6 \times (4,431 + 231.21) \times \left(\frac{1}{2} - 0.45 \right)}{1^2} = 6,171.35 \text{ kg/m}^2$$

Presión mínima

$$q = \frac{4,431 + 231.21}{1 \times 1} - \frac{6 \times (4,431 + 231.21) \times \left(\frac{1}{2} - 0.45 \right)}{1^2} = 3,153.07 \text{ kg/m}^2$$

2.3.16. Diseño de la red de distribución

Las redes de distribución de los sistemas en estudio, se diseñarán con base en el método de ramales abiertos, debido a la ubicación de las viviendas; tomando en cuenta los siguientes criterios:

Para el diseño se utilizará el caudal horario máximo calculado anteriormente.

- La presión mínima será de 10mca y la máxima de 40mca.
- El caudal de distribución variará, dependiendo del ramal que se analice.

2.3.16.1. Caudal unitario

Se obtiene dividiendo el caudal máximo horario dentro del número de viviendas.

Tabla XXI. Cálculo de caudal unitario por vivienda

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Caudal máximo horario	7.76 L/s	0.80 L/s
Número de viviendas	305	24
Caudal unitario por vivienda	0.026 L/s/viv	0.033 L/s/viv

2.3.16.2. Caudal de uso simultáneo

$$Q_i = k \sqrt{(n-1)}$$

Donde:

Q_i = Caudal de uso simultáneo (no debe ser menor de 0.20 L/s)

$k = 0.15$ para menos de 55 viviendas

$k = 0.20$ para mas de 55 viviendas

n = número de conexiones

Utilizando la fórmula de Hazen-Williams, se obtiene un diámetro teórico:

$$D_t = \left(\frac{1743.811 \times Q_d^{1.852} \times L}{C^{1.852} \times H_f} \right)^{4.87}$$

Donde:

Q_d = Caudal mayor

L = Longitud del tramo

C = Coeficiente de rugosidad

H_f = diferencia de altura en el tramo

Dependiendo del diámetro de diseño obtenido, se ajusta a un diámetro comercial y para los cálculos de la pérdida real y la velocidad se utiliza el diámetro interior de éste; para aplicar lo anterior descrito, se calcula el primer tramo del proyecto:

- **Cálculo del primer tramo de la red de distribución para el proyecto de agua potable del caserío Chirijuyú**

TRAMO DE E-O A ED-2

Cota inicial = 1000

Cota final = 988.58

Diferencia de altura = 11.42m

Longitud del tramo = 95.45m

Caudal unitario por vivienda: $Q_u = 0.033 \text{ L/s/v}$

En este tramo no se encontraron viviendas, pero la tubería distribuirá el caudal para el total de las viviendas del proyecto, por lo que se toman 24 viviendas para el tramo; entonces:

Caudal de distribución para el tramo: $Q_{MH} = 0.80 \text{ L/s}$

Caudal instantáneo: $Q_i = k\sqrt{(n-1)} = 0.15\sqrt{(24-1)} = 0.72 \text{ L/s}$

El caudal de diseño será de 0.80 L/s por ser el mayor.

Con estos datos se calcula el diámetro:

$$D_t = \left(\frac{1743.811 \times Q_d^{1.852} \times L}{C^{1.852} \times H_f} \right)^{4.87} = \left(\frac{1743.811 \times 0.80^{1.852} \times 95.45}{140^{1.852} \times 11.42} \right)^{4.87} = 1.005''$$

Se utilizará un diámetro comercial de $\varnothing 2''$; con diámetro interno de 2.193", con lo que se obtiene la velocidad y pérdida real:

$$H_f = \frac{1743.811 \times L \times Q^{1.852}}{D^{4.87} \times C^{1.852}} = \frac{1743.811 \times 95.95 \times 0.80^{1.852}}{2.193^{4.87} \times 140^{1.852}} = 0.25\text{m}$$

$$V = \frac{1.974 \times Qd}{D^2} = \frac{1.974 \times 0.80}{2.193^2} = 0.40 \text{ m/s}$$

Cota piezométrica en ED-2 = 999.20m – 0.25m = 998.95m

Presión disponible en ED-2= 998.95m – 988.58m = 10.37mca

Los resultados anteriores se encuentran entre los rangos permisibles, por lo que en este tramo se colocarán 16 tubos de Ø2", de 160 psi.

Para los siguientes tramos de éste proyecto y el del barrio Panimab'ey, se realiza el mismo procedimiento, siempre verificando que se cumpla con los rangos de velocidad y presión permisibles. El resumen de los cálculos se muestra en el apéndice C.

2.4. Desinfección del agua

El tratamiento de la desinfección del agua produce un costo adicional en la operación del sistema, por lo que debe de buscarse una solución que permita obtener el rendimiento esperado al menor costo posible; además de contar con otras características necesarias, tales como: tener elementos fáciles de almacenar, transportar y utilizar; que tenga acción residual y que la concentración de los mismos sea fácil y rápidamente detectable.

Lo anteriormente señalado permite indicar que uno de los mejores elementos que pueden utilizarse para purificar el agua es el cloro, ya sea en estado gaseoso o bien por medio de alguno de sus compuestos, de los cuales el más utilizado es el hipoclorito de calcio al 65% ó 70%.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan los hipocloritos. El manejo del gas cloro debe estar encomendado exclusivamente a personas entrenadas para ello.

- **Métodos de desinfección**

Se pueden establecer dos métodos para la desinfección del agua:

- a. Mediante la aplicación de sustancias tóxicas a los microorganismos patógenos. (Ej. cloro, yodo, cal)
- b. Mediante procesos indirectos que provocan la destrucción de los organismos al romper el equilibrio favorable del medio en que ellos viven. (Ej. ozonización, ultravioleta, procesos unitarios, etc.)

- **Condiciones del desinfectante ideal**

- Tener capacidad para destruir totalmente, en género y número, los organismos patógenos posiblemente existentes en el agua.
- Tener capacidad de actuar en tiempo razonable y disponible, y dentro de las condiciones de temperatura y demás características normales del agua.
- No conferir al agua características tóxicas, no criar ni agravar las condiciones de olor, sabor ni color.

- Ofrecer facilidad de control de la dosificación y de la determinación de su eficiencia. Poseer acción residual que se manifieste hasta los puntos de consumo.

- **Factores que influyen en la desinfección**

- Naturaleza de los organismos a ser eliminados
- Características del agua
- Naturaleza del agente desinfectante
- Condiciones de operación (difusión, tiempo de contacto, temperatura)

- **Otros procesos que ayudan a la desinfección del agua (procesos unitarios).**

- Aireación
- Coagulación
- Ablandamiento
- Eliminación de hierro y manganeso
- Sedimentación
- Filtración
- Evaporación

- **Compuestos utilizados en la cloración**

El cloro es un elemento químico, gaseoso en las condiciones ambientales, de olor fuerte y penetrante, de color amarillo-verdoso, más pesado que el aire; puede aplicarse por inyección directa o en solución.

Bajo el nombre de hipocloritos son englobados tres productos manufacturados a partir de la fijación del cloro por hidróxidos de sodio y de calcio, éstos son: la cal clorada, el hipoclorito de calcio Ca(OCL)_2 y el hipoclorito de sodio NaOCL .

- **Hipocloradores**

Son aparatos utilizados para la desinfección de hipocloritos en solución; las características de los hipocloradores son: costo reducido, exactitud, fácil construcción en cualquier lugar y sencilla operación y mantenimiento.

- **Método supercloración-decloración**

Este método consiste en agregar una cantidad de hipoclorito considerablemente mayor a la que se necesita para desinfectar el agua (supercloración). Con lo que se consigue eliminar rápidamente las impurezas, requiriendo menos tiempo de contacto.

El cloro residual, sin embargo, generalmente es demasiado fuerte para el gusto, por lo que se utiliza un filtro de carbón activo (decloración) para eliminar el sabor del cloro, desinfectando así adecuadamente.

Se propone utilizar este método para la desinfección del agua de los proyectos en estudio. El dosificador consiste en un depósito de 55gal, que contiene hipoclorito de calcio al 70%. Este depósito va conectado a la tubería de salida de la bomba, donde se inyecta la solución de hipoclorito. Este hipoclorador tiene la capacidad de inyectar 30 galones de solución al día. A continuación se presenta el esquema del dosificador.

Figura 15. Esquema de dosificador

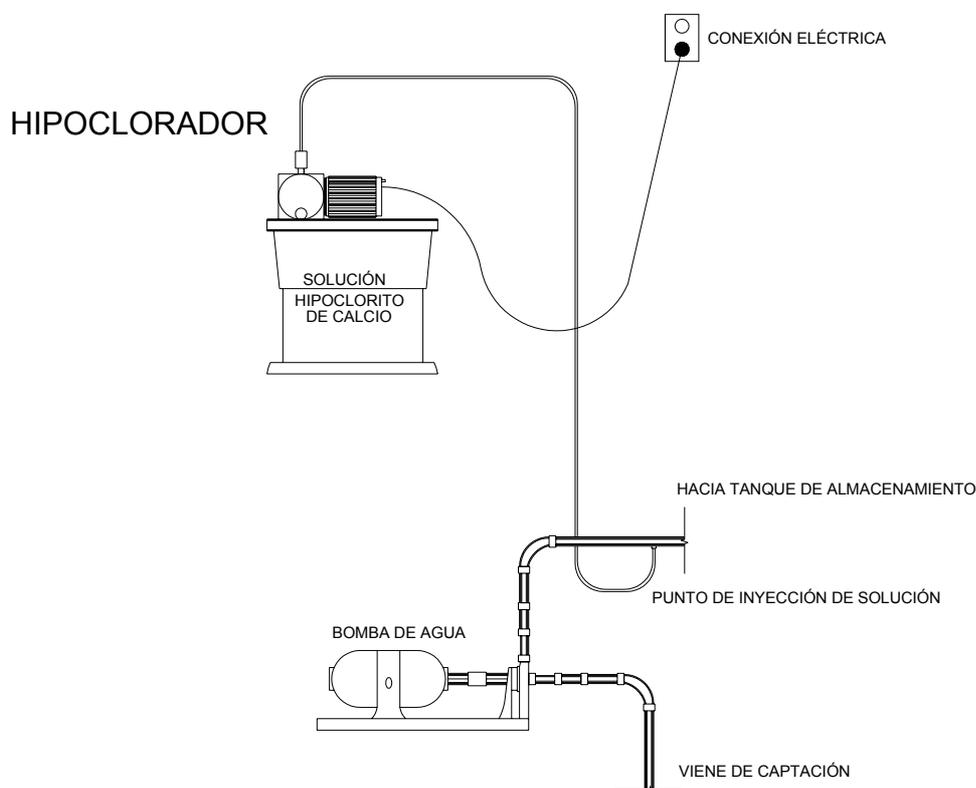


Tabla XXII. Datos de la dosificación

Datos	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
Caudal de la tubería	13.98 L/s	1.14 L/s
Horas de bombeo	8	8
Cantidad de cloro para un día	7lbs	3lbs
Cantidad de solución para un día	21gal	3.7gal
Tiempo que dura el tanque de 55gal de solución	7 días	40 días

En la tabla anterior se muestra la cantidad de cloro necesaria para preparar 55gal de solución al 0.1% de hipoclorito de calcio, así como a cada cuantos días debe volver a prepararse la solución.

2.5. Presupuesto

En el presupuesto se incluyen precios que se manejan en el lugar, y las cotizaciones realizadas para la adquisición e instalación del equipo de bombeo y materiales que no puedan encontrarse en el lugar.

Las tablas de renglones de trabajo se incluyen en el apéndice D.

2.6. Planos

Se elaboraron los siguientes planos:

Núm.	Barrio Panimab'ey	Caserío Chirijuyú
1	Planta General	Planta General
2	Líneas isóbaras	Líneas isóbaras
3	Planta – Perfil	Captación típica
4	Planta – Perfil	Planta – Perfil
5	Planta – Perfil	Planta – Perfil
6	Planta – Perfil	Planta – Perfil
7	Planta – Perfil	Planta – Perfil
8	Planta – Perfil	Caseta de bombeo
9	Planta – Perfil	Tanque de almacenamiento
10	Planta – Perfil	Caja Rompe presión
11	Planta – Perfil	Caja para válvulas
12	Tanque de almacenamiento	Conexiones domiciliarias
13	Caja para válvulas	
14	Conexiones domiciliarias	

Los planos se adjuntan en el apéndice F.

2.7. Operación y mantenimiento

Para la operación y mantenimiento de este proyecto se contratará a un fontanero y se capacitará a la comunidad beneficiada, principalmente al comité de vecinos, para que sean los administradores del sistema; con el propósito de prepararlos en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable por bombeo, atendiendo diferentes problemas frecuentes de este tipo de proyectos, proporcionando posibles soluciones y la forma como deben afrontarse los problemas mayores.

Se propone el siguiente programa de operación y mantenimiento del sistema:

Tabla XXIII. Programa de operación y mantenimiento del sistema.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS A UTILIZAR
Limpieza e inspección del área donde se encuentra la bomba	Cada mes	Fontanero	Cepillo de raíz, botas de hule y llave stillson
Inspección del área adyacente para determinar fuentes de contaminación	Cada 3 meses	Fontanero	Machete y azadón
Limpieza e inspección del tanque de almacenamiento	Cada 3 meses	Fontanero	Cepillo de raíz y llave stillson
Limpieza, chapeo e inspección de la línea de impulsión y red de distribución	Cada 4 meses	Fontanero y Comunitarios	Machete y azadón

Continúa

Inspección de las cajas de válvulas	Cada 4 meses	Fontanero	Llaves stillson y destornilladores
Chapeo e inspección de áreas adyacentes a las captaciones	Cada 6 meses	Fontanero y Comunitarios	Machetes
Reforestación del área alrededor de la fuente	Cada año	Comunitarios	Piochas y azadones
Aforo a la fuente	Cada año	Fontanero	Cubeta de cinco galones
Toma de muestras para análisis de laboratorio	Cada año	Técnico en Salud rural	Recipiente estéril

2.8. Propuesta de tarifa

Se hará una propuesta de tarifa tomando en cuenta el 100% de beneficiados. Para el cálculo de la tarifa se tomarán en cuenta los gastos de operación y mantenimiento del proyecto, siendo el cálculo de la siguiente manera:

Cálculo de tarifa para el barrio Panimab'ey

- **Salario fontanero**

Se le paga por efectuar revisiones periódicas al sistema, en obras de arte, tanque de almacenamiento y operación del sistema de cloración. Se estima que el fontanero trabaja 8 días al mes, tendrá que preparar la solución para la cloración del agua, además, en este tiempo deberá realizar las revisiones que están dadas en el programa de operación y mantenimiento. El cálculo de salario se hace con base a las leyes laborales vigentes en el país.

Salario mínimo	Q. 1624.60	mensual
Aguinaldo	Q. 1624.60	anual
Bono 14	Q. 1624.60	anual
Vacaciones	Q. 812.30	anual

Cálculo mensual

Salario mínimo	Q. 1624.60	mensual
Aguinaldo	Q. 135.38	mensual
Bono 14	Q. 135.38	mensual
Vacaciones	Q. 67.69	mensual

La sumatoria de esto da un salario de mensual de Q. 1,713.05 dividiéndolo dentro de treinta días da un salario de Q. 75.10, por lo tanto el fontanero por 8 días al mes, devengará Q. 680.80.

- **Repuestos y herramientas**

$$R = \frac{0.0025 \times 744,900.12 \times (1 + 0.14)}{12} = 176.91 \text{ al mes}$$

Donde

0.0025 = 0.25% para afectar el costo del proyecto, por mantenimiento menor y mayor.

Q 744,900.12 = Costo del proyecto de agua

0.14 = % de Inflación

12 = Número de meses por año

- **Costo de tratamiento**

Este costo consiste específicamente en la compra de hipoclorito de calcio al 70%, no se incluye la aplicación, ya que va incluida en la operación; se calcula de la siguiente forma:

Costo de hipoclorito de calcio	Q.	393.00	tambo de 35 libras
Costo de transporte	Q.	100.00	
Costo total de hipoclorito	Q.	493.00	
Costo por libra	Q.	<u>14.10</u>	

Para el barrio Panimab'ey la aplicación de hipoclorito se hará cada 7 días, la cantidad de 49 libras, por lo que al mes se utilizaran 210lbs de cloro. Lo que da un costo de Q. 2,961.00.

- **Costo de electricidad**

Se calcula de la siguiente manera:

Potencia de la bomba = 25hp

1hp = 748watt

25hp = 18.7kw

El consumo de la bomba en un día es de:

$18.7\text{kw}(24\text{horas/día})(0.3117\text{Quetzales/kwh}) = \text{Q.}139.89$ al día, debido a que la bomba se utiliza 8 horas al día, se tiene un gasto diario de Q.46.63 y mensual de Q.1398.91.

- **Gastos administrativos**

Éstos servirán para mantener un fondo para gastos de útiles de oficina, viáticos, u otros gastos que puedan surgir durante el funcionamiento del sistema, se puede estimar un 10% de la suma de operación, mantenimiento y el tratamiento.

Salario de fontanero	Q.	600.80	mensual
Repuestos y herramientas	Q.	176.91	mensual
Costo de desinfección	Q.	2,961.00	mensual
Gasto de electricidad	Q.	1398.91	mensual
Gastos de operación y mantenimiento	Q.	<u>5,137.62</u>	mensual
Gasto administrativo 10%	Q.	513.76	mensual

Propuesta de tarifa

La propuesta de tarifa consiste en la relación de los gastos de operación y mantenimiento y el número de conexiones prediales del sistema.

Gastos de operación y mantenimiento	Q.	5,137.62	mensuales
Gastos administrativos	Q.	513.76	mensuales
Gastos totales	Q.	5,651.38	mensuales

Número de conexiones prediales 305

Por lo tanto la tarifa propuesta es de $\text{tarifa} = \frac{5,651.38}{305} = 18.53$

Aproximadamente Q.20.00 mensuales.

Para el proyecto de agua potable del caserío Chirijuyú se realizaron los mismos cálculos, quedando en resumen los siguientes datos:

Salario de fontanero	Q.	600.80	mensual
Repuestos y herramientas	Q.	29.17	mensual
Costo de desinfección	Q.	40.00	mensual
Gasto de electricidad	Q.	167.87	mensual
Gastos de operación y mantenimiento	Q.	<u>837.84</u>	mensual
Gasto administrativo 10%	Q.	83.78	mensual

Propuesta de tarifa

Gastos de operación y mantenimiento	Q.	837.84	mensuales
Gastos administrativos	Q.	83.78	mensuales
Gastos totales	Q.	921.62	mensuales

Número de conexiones prediales 24

Por lo tanto la tarifa propuesta es de Tarifa = $\frac{921.62}{24} = 38.40$

Aproximadamente Q.40.00 mensuales.

2.9. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un mecanismo científico técnico que se utiliza para analizar aspectos físico-biológicos, socio-económicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle una acción o un proyecto.

El impacto ambiental producido por la ejecución, operación o cese de un proyecto de desarrollo determinado, el que debe ser evaluado, con el fin de establecer medidas correctivas necesarias para eliminar o mitigar los efectos (impactos) adversos, proponer opciones, un programa de control y fiscalización (seguimiento) y un programa de recuperación ambiental.

La EIA debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a. garantizar que todos los factores ambientales relacionados con el proyecto o acción hayan sido considerados;

- b. determinar impactos ambientales adversos significativos, de tal manera que se propongan las medidas de mitigación que eliminen estos impactos y los reduzcan a un nivel, ambientalmente, aceptable;
- c. establecer un programa de control y seguimiento que permita medir las posibles desviaciones entre la situación real al poner en marcha el proyecto, de tal forma que se puedan incorporar nuevas medidas de mitigación.

2.9.1. Control o impacto ambiental

Los factores ambientales relacionados con los proyectos de introducción de agua potable, se detalla a continuación.

- a. **Residuos o contaminantes que serán generados:** por ser proyectos de introducción de agua potable éste será conducida a través de tubería de PVC: CLORURO DE POLIVINILO, siendo utilizada por los beneficiarios al final será canalizada hacia un alcantarillado sanitario de origen doméstico, donde se generarán residuos mixtos, líquidos y sólidos, de composición orgánica, con agregados de jabones, grasas y detergentes.
- b. **Emisiones a la atmósfera:** por ser sistemas de abastecimiento de agua potable no se esperan emisiones a la atmósfera de ningún tipo.
- c. **Descarga de aguas residuales:** la descarga se efectuará en fosas sépticas, por lo que el cuerpo receptor al final será el subsuelo.

- d. Desechos sólidos:** por ser típicamente rural, la comunidad incinera o entierra los desechos sólidos que producen, los cuales son manejables de esta manera, debido las extensiones de terreno que circundan las viviendas.

- e. Ruidos:** el proyecto generará ruidos en su operación, que serán tolerables; en su fase de construcción los ruidos serán mínimos, al igual que el ruido producido por las personas al momento de realizar las excavaciones para instalar la tubería; en su fase de operación el ruido se producirá por el bombeo, pero la ubicación de la bomba está retirada de la comunidad, por lo tanto no afectará a los vecinos.

- f. Contaminación visual:** el proyecto tendrá efectos visuales en su fase de construcción, por la excavación de zanjas y almacenamiento de materiales; pero en su operación por ser subterráneo, no los tendrá en lo que respecta a la línea de conducción, al igual que en la red de distribución. Las obras de arte, como cajas de válvulas, tanques, captaciones estarán semi-enterradas.

2.9.2. Plan de mitigación

Debe protegerse el sistema de bombeo, principalmente la caseta. No deben tener acceso personas ajenas al sistema, principalmente los niños de las comunidades, evitando así el daño personal; debiendo construirse en el lugar, una caseta que se adecúe y no dañe el entorno, utilizando materiales de la región, que por su facilidad de transporte y manualidad sean los recomendados para estos proyectos.

2.10. Evaluación socio-económica

Cuando se analizan los costos se ha de determinar el impacto socio-económico del proyecto, es decir, se enfatizará en los beneficios de los habitantes, ya que tendrán mayor tiempo para otras actividades productivas y ya no recorrerán grandes distancias para obtener el agua; es aquí donde se dará el enfoque principal al problema.

Como todo proyecto de beneficio comunitario, debe involucrarse a los beneficiarios directos; en este caso, en la construcción del sistema, deben aportar la mano de obra no calificada, terrenos para ubicar las obras de arte, como tanque de almacenamiento y cajas de control del sistema, también se deben involucrar en la parte legal del proyecto, gestionando los derechos de paso de la tubería de conducción y distribución. Además la comunidad debe comprometerse en hacer sostenible el proyecto, para darle mantenimiento y operación; este compromiso radica en concienciar a los beneficiados del pago de una cuota por consumo de agua en sus viviendas, con un monto considerable, determinado luego de analizar las características socioeconómicas de la comunidad. El impacto financiero para la comunidad será mínimo.

Se tiene por otra parte el impacto económico social del proyecto, donde se analiza no el costo monetario, sino las bondades desde el punto de vista de los aspectos que tienen impacto en la colectividad, los cuales son:

- El ahorro familiar será incrementado al disminuir los gastos de medicina para aliviar enfermedades como cólera, paludismo, dengue, etc.

- Se evitarán enfermedades gastrointestinales ocasionadas cuando se consume agua contaminada, principalmente en los niños de las comunidades.
- Se garantiza que el agua que se consumirá tendrá una constante vigilancia y mantenimiento, también se proyecta la construcción de captaciones de las fuentes que mantienen un nivel bajo de contaminación.
- Mejorará la calidad de vida de los habitantes, higiene y salud, que incidirán en el desarrollo de la comunidad.
- Habrá bienestar de la comunidad por contar con el servicio.
- El pago por el servicio será directamente proporcional al consumo, esto mantendrá un nivel considerable de gasto del recurso.

Por lo tanto los beneficios de estos proyectos van en función de mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad, no en el beneficio económico que de éstos pueda obtenerse.

2.10.1 Valor presente neto

Este proyecto es de carácter social, es decir, que es una necesidad básica para la sobrevivencia del ser humano, de manera que es una inversión gubernamental y ésta nunca recuperará su inversión inicial, el beneficio se reflejará en la calidad de vida de los habitantes. El valor presente se interpretará de la siguiente forma:

Barrio Panimab'ey

Inversión inicial (costo total del proyecto) Q. 744,900.12

Esta inversión será el beneficio que tendrá la población.

Costos de operación y mantenimiento

Gastos de operación y mantenimiento	Q.	5,137.62	mensuales
Gastos administrativos	Q.	513.76	mensuales
Gastos totales	Q.	5,651.38	mensuales
Gasto total anual	Q.	67,816.38	anuales

Gasto total anual Q. 67,816.38 por un período de diseño de 20 años.

El valor presente neto se calcula:

Con $n = 20$ años

Tasa i de 10% anual

$$VPN = \text{Inversión inicial} - \text{costos de operación y mantenimiento anual} \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^{20}}$$

$$VPN = 744,900.12 - 67,816.38 \frac{(1+0.10)^{20-1}}{0.10(1+0.10)^{20}}$$

$$VPN = 744,900.12 - 616,512.55$$

$$\underline{VPN = Q.128,387.57}$$

Caserío Chirijuyú

Inversión inicial (costo total del proyecto) Q. 122,801.22

Esta inversión será el beneficio que tendrá la población.

Costos de operación y mantenimiento

Gastos de operación y mantenimiento	Q.	837.84	mensuales
Gastos administrativos	Q.	83.78	mensuales
Gastos totales	Q.	921.62	mensuales
Gasto total anual	Q.	11,059.44	anuales

Gasto total anual Q. 11,059.44 por un período de diseño de 20 años.

El valor presente neto se calcula:

Con n = 20 años

Tasa i de 10% anual

$$VPN = \text{Inversión inicial} - \text{costos de operación y mantenimiento anual} \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^{20}}$$

$$VPN = 122,801.22 - 11,059.44 \frac{(1+0.10)^{20-1}}{0.10(1+0.10)^{20}}$$

$$VPN = 122,801.22 - 100,540.36$$

$$\underline{VPN = Q.22,260.87}$$

2.10.2 Tasa interna de retorno

Se interpreta como tasa interna de retorno la tasa mínima que tiene un proyecto para recuperar la inversión sin tener ganancias. En este caso por ser un proyecto social donde no se recuperará la inversión inicial, la tasa interna de retorno no tiene mayor significado.

CONCLUSIONES

1. Las redes de distribución de los sistemas de agua potable en el barrio Panimab'ey y el caserío Chrijuyú, comunidades de San Juan Comalapa, Chimaltenango, se diseñaron con base en el método de ramales abiertos debido a la ubicación de las viviendas.
2. Los sistemas de agua potable por gravedad, es la mejor opción para las comunidades del área rural, por ser económicos, ya que no se manejan gastos de operación.
3. Existen muchas comunidades en el área rural, que no cuentan con los servicios básicos de saneamiento.
4. Al ejecutar proyectos de introducción de agua potable, se debe planificar el mantenimiento del mismo, capacitando a quien estará a cargo del mismo.
5. El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), cumple con su objetivo principal, presentar soluciones a los problemas que afectan a las comunidades del área rural.

RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable darle un adecuado mantenimiento, tanto al equipo de bombeo como al sistema en general, a fin de garantizar su buen funcionamiento.
2. Proteger las fuentes del agua y la vegetación de sus alrededores, para que éstas no disminuyan su caudal, evitando así la deforestación de los bosques donde se encuentran.
3. Se sugiere informar a la población, sobre el uso adecuado del agua, para evitar que se desperdicie, y así aprovecharla de una forma adecuada.
4. Realizar la limpieza de las tuberías y obras de arte, así como inspección de las válvulas y limpieza de captaciones.
5. Garantizar el uso del cloro para la desinfección del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA Revolorio, Marlon Renato. Estudio para la introducción de agua potable en la aldea Barranca Honda del municipio de Moyuta. Trabajo de graduación Ing. Mecánica-Industrial, Guatemala, Universidad de Guatemala 2001.
2. Diseño de estructuras de concreto. Duodécima edición McGraw Hill Interamericana, S.A. 1999 Arthur H. Nilson. Colombia.
3. Especificaciones generales y técnicas Instituto de Fomento Municipal. Guatemala, 1997.
4. Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales. Instituto de Fomento Municipal y Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. Guatemala, junio de 1997. Segunda Revisión.
5. Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia social, diciembre de 1991.
6. Información y capacitación de abastecimiento de agua y saneamiento de bajo costo. Tomo 4.3 Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad. Banco Mundial Washington D.C. EUA
7. Manual de hidráulica. Editora Edgard Blücher Ltda. México, México 1973. J.M. de Azevedo Netto y Guillermo Acosta Alvarez
8. SELKIN Aldana, Hill Tommy. Diseño del edificio escolar para el instituto Oscar Humberto Enríquez Guerra y sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Santa Marta del municipio de Sumpango, Sacatepéquez. Trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala 2005.
9. YAC Morales, Carlos Aníbal. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Arenal y puente vehicular en el caserío San Ramón, municipio de Malacatancito, Huehuetenango. Trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de Guatemala 2005.