



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

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA
CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO
CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**

Gustavo Adolfo Velásquez Juárez

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, junio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA
CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO
CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO VELÁSQUEZ JUÁREZ

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 03 de septiembre de 2014.


Gustavo Adolfo Velásquez Juárez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 09 de agosto de 2018
REF.EPS.DOC.633.08.2018

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Gustavo Adolfo Velásquez Juárez**, Registro Académico 200113438 y CUI 2463 07412 1202, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509



Guatemala,
09 de agosto de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de ingeniería Civil Gustavo Adolfo Velásquez Juárez, con CUI 2463074121202 Registro Académico No. 200113438, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrm.





Guatemala,
06 de marzo de 2019

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Gustavo Adolfo Velásquez Juárez, con Registro Estudiantil No. 200113438, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de marzo de 2019
Ref.EPS.D.83.03.19

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo Velásquez Juárez, CUI 2463 07412 1202 y Registro Académico 200113438**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernandez, al trabajo de graduación del estudiante Gustavo Adolfo Velásquez Juárez **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, junio 2019

/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 285.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR CASERÍO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Adolfo Velásquez Juárez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, junio de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones que me ha dado y ser fuente de mi inspiración.
- Mis padres** Fredy Edilberto Velásquez y Adina Bilzan Juárez, por sus sacrificios, esfuerzos y apoyo incondicional, por verme hoy triunfar.
- Mi esposa** Ilesia Josia Velásquez de Velásquez, por su amor incondicional e impulsarme a salir adelante cada día.
- Mis hijos** Ángel Gustavo, Luis Adolfo (q. e. p. d.), y Jorge Leonardo Velásquez, por ser motivo y fuente de inspiración para alcanzar mi meta trazada.
- Mis hermanos** Fredy Roberto, Luis Eduardo Velásquez, por apoyarme siempre y que mi triunfo sea un ejemplo.
- Mis abuelos** Braulio Velásquez (q. e. p. d), Carmela Orozco, Bonifacio Juárez (q. e. p. d), Clara Gonzales, por sus sabios consejos y bendiciones.
- Mis amigos** Por los momentos que compartimos juntos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser mi sustento, refugio y fortaleza para alcanzar en las condiciones más adversas este logro.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma mater y casa de aprendizaje para mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para lograr mi formación profesional.
Ing. Manuel Arrivillaga	Por su amistad, apoyarme e impulsarme en este proceso de graduación.
Mi familia	Por todo su apoyo, que desde el principio hizo posible avanzar paso a paso, hasta llegar al objetivo.
Mis amigos	Ing. Gustavo Zea, Ing. Marvin López, Ing. Manfredo Joachin, por el apoyo técnico, su guía y ayudar a formarme como profesional.
San Pedro Sacatepéquez	Terruño que me vio nacer y hoy me ve triunfar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Pedro Sacatépequez	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Población actual	1
1.1.3. Clima	2
1.1.4. Topografía y suelo	2
1.2. Aspectos de infraestructura	2
1.2.1. Vías de acceso	3
1.2.2. Servicios públicos	3
1.3. Aspectos socioeconómicos	4
1.3.1. Origen de la comunidad.....	4
1.3.2. Actividad económica.....	5
1.3.3. Etnia, costumbre y religión.....	5
1.3.4. Alfabetismo	5
1.3.5. Organización comunitaria	6
1.4. Descripción de necesidades.....	6
1.5. Priorización de las necesidades	7

2.	DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR	9
2.1.	Diseño de puente vehicular caserío alta vista, Aldea Provincia Chiquita, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	9
2.1.1.	Definición.....	9
2.1.2.	Tipo de vehículos	10
2.1.3.	Tipo de puentes.....	11
2.1.4.	Especificaciones de diseño	13
2.2.	Dispositivos básicos de protección	15
2.2.1.	Barreras de concreto	15
2.2.2.	Barandas	16
2.3.	Descripción del proyecto	16
2.4.	Estudios preliminares	16
2.4.1.	Estudio topográfico.....	17
2.4.1.1.	Planimetría	17
2.4.1.2.	Altimetría	17
2.4.2.	Estudio hidrológico e hidráulico.....	18
2.4.2.1.	Metodo de sección-pendiente.....	18
2.4.2.2.	Cálculo de caudales máximos	20
2.4.3.	Estudio de suelo.....	21
2.4.4.	Estudio de riesgo sísmico.....	21
2.4.5.	Estudio de tráfico.....	22
2.4.6.	Estudio de trazo y diseño vial de los accesos	23
2.5.	Diseño de superestructura	24
2.5.1.	Diseño de barandal	28
2.5.2.	Diseño de parachoques.....	32
2.5.3.	Diseño de losa.....	34
2.5.4.	Diseño de diafragmas	46
2.5.5.	Diseño de viga principal	49
2.5.6.	Diagrama de carga.....	51

2.5.7.	Cálculo de momentos.....	53
2.5.8.	Cálculo de refuerzo.....	54
2.5.9.	Puente sesgado (esviado).....	61
2.6.	Diseño de la subestructura.....	63
2.6.1.	Diseño de cortina y viga de apoyo.....	63
2.6.2.	Cálculo de refuerzo.....	71
2.6.2.1.	Diseño de neopreno.....	77
2.6.3.	Diseño de estribo.....	85
2.6.3.1.	Geometría y diagrama de presiones..	85
2.6.3.2.	Cálculo de momento de volteo	86
2.6.3.3.	Cálculo de momento estabilizante	87
2.6.4.	Obras de protección	96
2.7.	Elaboración de planos	97
2.8.	Presupuesto de puente vehicular	98
2.9.	Cronograma de ejecución.....	100
2.10.	Evaluación de impacto ambiental	101
3.	DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	109
3.1.	Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, caserío Chichicaste, aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos	109
3.1.1.	Agua potable.....	109
3.1.2.	Sistema de agua potable.....	110
3.1.3.	Formulas hidráulicas usadas en el diseño de abastecimiento de agua.....	111
3.1.3.1.	Ley de Darcy.....	111
3.1.3.2.	Formula de Manning	112
3.1.3.3.	Formula de Hazen & Williams.....	113

3.1.4.	Normas para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua	114
3.2.	Descripción del proyecto	114
3.3.	Levantamiento topográfico	115
3.3.1.	Altimetría	116
3.3.2.	Planimetría	116
3.4.	Caudal de aforo.....	116
3.5.	Calidad del agua	120
3.5.1.	Análisis bacteriológico.....	120
3.5.2.	Análisis físicoquímico	121
3.6.	Periodo de diseño	121
3.7.	Estimación de la población de diseño	122
3.8.	Dotación	123
3.9.	Determinación del caudal de diseño	123
3.9.1.	Caudal medio diario	123
3.9.2.	Caudal máximo diario.....	124
3.9.3.	Caudal máximo horario	125
3.10.	Parámetros de diseño	125
3.11.	Diseño de la captación	126
3.12.	Diseño de la línea de conducción	126
3.13.	Diseño del tanque de distribución	130
3.14.	Diseño de la línea de distribución	141
3.15.	Sistema de potabilización.....	144
3.16.	Obras hidráulicas	147
3.17.	Propuesta de tarifa	151
3.18.	Elaboración de planos.....	155
3.19.	Presupuesto del sistema de agua potable	155
3.20.	Cronograma de ejecución	157
3.21.	Evaluación de impacto ambiental.....	158

CONCLUSIONES	165
RECOMENDACIONES	167
BIBLIOGRAFÍA.....	169
APÉNDICES	171
ANEXOS	197

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Área de sección del río	19
2.	Propuesta de la superestructura	25
3.	Geometría final de la superestructura	28
4.	Geometría de la baranda	29
5.	Dimensiones de parachoques.....	33
6.	Sobrecarga del camión Standard H20-44	36
7.	Sobrecarga del camión en voladizo	37
8.	Detalle de armado de losa	46
9.	Detalle de armado de diafragma interno	47
10.	Detalle de armado de diafragma externo	49
11.	Carga por eje	50
12.	Diagrama para encontrar a	51
13.	Diagrama de carga para reacciones	51
14.	Diagrama de carga para momento máximo	52
15.	Diagrama de carga para corte máximo	57
16.	Diagrama para relación de corte en viga	59
17.	Detalle de armado de viga principal	61
18.	Esquemas de diversos ángulos de esviaje	62
19.	Geometría de la cortina y viga de apoyo.....	64
20.	Diagrama de presiones	65
21.	Diagrama de localización de cargas de corte y momento.....	76
22.	Detalle de armado de cortina y viga de apoyo	77
23.	Relación entre presión específica y deformación, shore 60.....	83

24.	Diagrama y geometría del estribo.....	85
25.	Relación de triángulos para obtener la cota de cimentación	86
26.	Planta de estribo y aletones	97
27.	Componentes de un sistema de agua	111
28.	Diagrama de momentos en la losa del tanque de distribución	134
29.	Detalle de muro del tanque de distribución.....	137

TABLAS

I.	Cálculo de la Aceleración máxima según AGIES/NSE 3-10 y coeficiente sísmico.	67
II.	Ángulo de fricción entre diferentes materiales	69
III.	Cálculo de momento de volteo	87
IV.	Cálculo del momento estabilizante	88
V.	Cálculo de la Aceleración máxima según AGIES/NSE 3-10 y coeficiente sísmico.	89
VI.	Ángulo de fricción entre diferentes materiales	91
VII.	Cálculo de momento de volteo sentido horizontal	95
VIII.	Resumen presupuesto de puente vehicular.....	99
IX.	Cronograma de ejecución e inversión	100
X.	Evaluación Ambiental Inicial	101
XI.	Valores comunes de “n”	113
XII.	Valores comunes de “C”	114
XIII.	Aforo de la fuente 1	118
XIV.	Aforo de la fuente 2	119
XV.	Cálculo de momentos actuantes.....	139
XVI.	Localización de pasos aéreos del sistema de abastecimiento de agua potable	149
XVII.	Planos del sistema de agua potable	155

XVIII.	Presupuesto integrado de agua potable.....	156
XIX.	Cronograma de ejecución e inversión.....	157
XX.	Evaluación de impacto ambiental 2.....	158

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada cierta distancia
<i>h</i>	Altura
<i>As</i>	Área de acero
<i>b</i>	Base
Q	Caudal
QMD	Caudal máximo diario
QMH	Caudal máximo horario
Qm	Caudal medio
Qt	Caudal total
Vmax	Corte máximo
Vrc	Corte nominal del concreto
V	Corte, velocidad
CP	Cota piezométrica
<i>dc</i>	Demanda de cloro
Φ	Diámetro
E_c	Ecuación
<i>E</i>	Empuje
t	Espesor de losa
<i>e</i>	Excentricidad
FC	Flujo de cloro
EQ	Fuerza de sismo
FH	Fuerza horizontal
FL	Fuerza longitudinal

S	Luz eficaz entre vigas
L	Luz libre entre vigas
m	Metro
m.c.a.	Metros columna de agua
mm	Milímetro
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
Mt	Momento total
Mu	Momento último
PPM	Partículas por millón
<i>d</i>	Peralte
Hf	Pérdida de carga por fricción
Wc	Peso del concreto armado
Wcc	Peso del concreto ciclópeo
γ	Peso específico del agua
P	Presión
P	Presión
R	Radio hidráulico
R _A	Reacción en el apoyo A
R _B	Reacción en el apoyo B
Fy	Resistencia del acero
f'c	Resistencia del concreto
H-20-44	Sobrecarga de camión estándar
Σ	Sumatoria de fuerzas o momentos
Vs	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes.
Acera	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
Acero de refuerzo	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
Aforo	Operación que consiste en medir un caudal de agua; es la producción de una fuente.
Agua potable	Agua que es sanitariamente segura, que debe ser además, inodora, insípida, incolora y agradable a los sentidos.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura de cada punto respecto de un plano de referencia.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que transita por un punto de observación en un momento dado; su simbología es litros por segundo.

Conducción	Son las obras que conducen el agua desde la captación hacia la planta de tratamiento o hacia el tanque de almacenamiento.
Concreto ciclópeo	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra bola y agua. La piedra bola no excederá el 30 % del volumen total del concreto ciclópeo y será colocada de manera homogénea quedando todos los bordes dentro del concreto.
Cota de cimentación	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
Cota piezométrica	Altura de presión de agua que se tiene en un punto dado.
Deslizamiento	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
Diafragmas	Elemento de la superestructura del puente que tiene por objeto mantener la rigidez del conjunto y sirven para evitar el alabeo en las vigas.
Dotación	Cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (l/hab./día).
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.

Estribo	Muro que soporta a la superestructura y transmite su peso al suelo.
Fuerza de sismo	Es la liberación de energía elástica acumulada en el subsuelo que se refleja en un movimiento brusco de la tierra y que provoca esfuerzos en la subestructura.
Impacto	Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.
Losa	Elemento estructural, encargada de soportar y distribuir a las vigas todas las cargas de servicio, así como también su propio peso y de los acabados.
Pérdida de carga	Disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Puente	Estructura que permite pasar el tráfico, a través de cualquier interrupción al trazo de una carretera tal como un río, un cañón, un barranco u otra línea de tráfico. La estructura de un puente se puede dividir en dos partes: superestructura y subestructura.
Sobrecarga	Carga adicional a la aplicada sobre un elemento, se toma como factor de seguridad.

Subestructura	Es un conjunto de elementos, que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmiten las cargas al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos en un puente diseñados para soportar las cargas vivas, muertas y de tráfico, para transmitir las a la subestructura.
Topografía	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
Volteo	Es el momento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.

RESUMEN

El informe que a continuación se presenta, contiene los resultados del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, específicamente en las comunidades Provincia Chiquita y Chichicaste, de dicho municipio.

Para el efecto se desarrollarán dos proyectos, siendo estos:

Diseño de puente vehicular del caserío Alta Vista:

Se presenta el diseño de un puente vehicular que beneficiará aproximadamente a 300 habitantes, el diseño del puente vehicular es de una vía, de 20 metros de largo por 6,00 metros de ancho útil para soportar la carga de un H20-44. La superestructura será de concreto armado y la subestructura de concreto ciclópeo. Para el análisis se utilizó la teoría de esfuerzo último, las Normas AASHTO y del ACI. También se incluyó el presupuesto y planos.

Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Chichicaste:

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable beneficiará aproximadamente a 240 habitantes, distribuidas en 40 familias, con un aproximado de 5 500 metros lineales de tubería de polivinilo con pasos aéreos de hierro galvanizado. El diseño hidráulico del sistema es por gravedad; el tanque de distribución será de concreto armado, se utilizó la fórmula de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas por fricción y accesorios, así como, de los diámetros de la tubería a utilizar. Se incluye también el presupuesto y planos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el Puente Vehicular Caserío Alta Vista, Aldea Provincia Chiquita y el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Caserío Chichicaste, Aldea Chim, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

Específicos

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y de diagnóstico sobre las diferentes necesidades de infraestructura y servicios básicos del Caserío Alta Vista, aldea Provincia Chiquita y caserío Chichicaste, aldea Chim.
2. Realizar el diseño de acuerdo a las especificaciones técnicas que norman los procedimientos del análisis de los proyectos; tomando en cuenta las disposiciones del lugar donde serán ejecutados.
3. Realizar un juego de planos y presupuesto detallado del diseño de los proyectos, para su ejecución.

INTRODUCCIÓN

El nivel de vida y desarrollo humano se ven reflejados en las condiciones en que se desenvuelve una población o comunidad, en sus necesidades y demandas de proyectos de infraestructura como salud, educación, vías de comunicación y otros. En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, como en la mayoría de las comunidades rurales del país, la escasez de los servicios más elementales son problemas cotidianos y precisan de atención inmediata.

Ante esta problemática generalizada, consciente de las carencias y necesidades en las comunidades más lejanas del país. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del programa de Ejercicio Profesional Supervisado, presta especial colaboración a las municipalidades del interior de la república, proporcionando asesoría técnica, enviando a un estudiante que ha cerrado currículum, para el diseño y planificación de proyectos que den solución a las demandas de las comunidades más necesitadas dentro de la jurisdicción del municipio.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez, se encuentra integrado por 17 comunidades, donde cada una tiene sus propias necesidades, de las cuales, mediante investigación, priorización y debido a su importancia, se ha llegado a seleccionar los siguientes proyectos para su planificación supervisada: diseño de puente vehicular caserío Alta Vista, aldea Provincia Chiquita y Sistema de Abastecimiento de Agua Potable Caserío Chichicaste, aldea Chim, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

Este trabajo de graduación propone soluciones factibles, desde el punto de vista técnico, económico y social, el primer capítulo contiene una investigación de tipo monográfica, aspectos históricos y económicos del municipio de San Pedro Sacatepéquez. En los siguientes capítulos se desarrolla el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable que beneficiará aproximadamente a 240 habitantes, distribuidas en 40 familias, así como el diseño de un puente vehicular que beneficiará aproximadamente a 300 habitantes. En los cálculos realizados, se aplicaron criterios establecidos de los manuales de la AASHTO y el Código de la ACI, también se tomaron en cuenta las recomendaciones hechas por la Dirección General de Caminos, INFOM, UNEPAR, Municipalidad de Guatemala y algunos organismos internacionales que se dedican a la ejecución de este tipo de proyectos. Y en la parte final se presentan conclusiones, recomendaciones, bibliográfica, cálculos y plano.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Pedro Sacatepéquez

Para lograr una caracterización del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos; a continuación, se enumera una recopilación de datos de las condiciones generales del municipio.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio es de primera categoría y está localizado a 249 Km de la ciudad capital de Guatemala y 48 Km a la ciudad de Quetzaltenango, se encuentra a 1 Km de la cabecera departamental de San Marcos, colinda al norte con el municipio de San Lorenzo, al sur con los municipios de San Cristóbal Cucho, la Reforma y Nuevo Progreso, al este con el municipio de San Antonio Sacatepéquez, y al oeste con los municipios de San Marcos y Esquipulas Palo Gordo.

Se encuentra localizado en las coordenadas 14° 57' 55" de latitud y 91° 46' 36" longitud, estando a 2 330 msnm. El área urbana se encuentra en un valle también llamado el valle de la Esmeralda.

1.1.2. Población actual

Según el censo del Instituto Nacional de Estadística, existe una población de 63 688 habitantes. El resultado de la investigación muestra el número de habitantes del área urbana que es de 22 920 habitantes que hacen un 36 % de

la población y el 64 % del área rural es de 40 748 habitantes para un gran total de 63 688 habitantes del municipio de San Pedro Sacatepéquez.

1.1.3. Clima

El clima en el municipio, según la estación hidrológica más cercana del INSIVUMEH ubicada en la cabecera departamental de San Marcos, a 1 kilómetro del municipio de San Pedro Sacatepéquez, presenta las siguientes temperaturas durante el año:

Estación: San Marcos, Escuela de Formación Agrícola (EFA)

- Temperatura máxima (promedio anual): 28 °C
- Temperatura promedio (anual): 18 °C
- Temperatura mínima (promedio anual): 8 °C
- Precipitación normal anual: 1 530,50 mm
- Estación lluviosa: mayo a octubre
- Estación seca: noviembre a abril

1.1.4. Topografía y suelo

La topografía del terreno del lugar es semiquebrada; predomina el terreno montañoso y presenta desniveles bastantes pronunciados.

1.2. Aspectos de infraestructura

Dentro de estos aspectos se consideran las vías de acceso y los servicios públicos.

1.2.1. Vías de acceso

El acceso para el municipio de San Pedro Sacatepéquez desde la ciudad capital es por la carretera CA-1, la cual esta asfaltada en su totalidad. La aldea Chim se encuentra a 11 km de la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, y su acceso es a través de la carretera que va de la cabecera municipal de San Marcos y conduce al municipio de Coatepeque, es una carretera de terracería y balastro, para llegar a los caseríos y cantones, hay caminos y veredas. Estos caminos en época de invierno se convierten en accesos peligrosos para los transeúntes.

La aldea Provincia Chiquita se encuentra a 27 Km de la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, el ingreso es a través de dos entradas principales: una por aldea Barranca Grande del municipio de San Cristóbal Cucho; y la otra por aldea Corral Grande. En ambos casos solo se puede llegar a pie, ya que no se cuenta con carretera que permita el acceso de vehículos.

1.2.2. Servicios públicos

En la aldea Chim funciona un puesto de salud que forma parte de los servicios públicos y está bajo la coordinación del centro de salud ubicado en la cabecera municipal, también cuentan con energía eléctrica desde 1997, el cual es distribuido por Distribuidora de Energía de Occidente (DEOCSA), y con servicios de agua domiciliar que escasean en épocas de verano, hacen uso de un sistema de letrinas, el cual es deficiente por no contar con un sistema adecuado de tratamiento de las excretas.

En la aldea Provincia Chiquita funciona un puesto de salud que forma parte de los servicios públicos de salud del municipio y está bajo la coordinación

del centro de salud ubicado en la cabecera municipal, no todas las comunidades de la aldea cuentan con servicio domiciliario de energía eléctrica. El servicio de energía eléctrica es distribuido por la Distribuidora de Electricidad de Occidente (DEOCSA), y con servicios de agua que escasean porque los caudales que captan son insuficientes para atender la demanda de la población, además la falta de un sistema adecuado de drenaje y letrización con su planta de tratamiento, ya que la evacuación de aguas negras se realiza de manera superficial, afectando la salud y provocando contaminación.

1.3. Aspectos socioeconómicos

Entre otros, se tiene el origen de la comunidad y actividad económica.

1.3.1. Origen de la comunidad

La aldea de Chim era una comunidad de la aldea Corral Grande, pero en 1949 sus habitantes se separaron y formaron lo que hoy es la aldea. Los primeros habitantes fueron; Don Cupertino López, Don Pablo de León y las familias Vásquez, Ardiano, Rubio, Bravo, Fuentes, Orozco, Miranda. Chim es un término castellanizado que se originó del mam CHIN-LAJ que quiere decir chiquita.

La aldea provincia chiquita es una belleza natural, fue bautizada por la aldea Corral grande con el nombre de Atrás del Cerro por estar ubicada muy distante de la cabecera del municipio de San Pedro Sacatepéquez, pero en 1918 se volvió a bautizar con el nombre de provincia chiquita. Sus primeros habitantes fueron familias que vivían en aldea Corral Grande, pero al tener tierras en este paraje decidieron radicar en Provincia Chiquita. Su clima es un

lugar de brisas en abismos, porque está tan alto y es aroma de las flores de los márgenes del Rio Naranjo.

1.3.2. Actividad económica

La actividad económica de la aldea Chim de los hombres es la agricultura de granos, verduras y frutas, la albañilería, el comercio, artesanía, entre otros. Las mujeres generan ingresos económicos a través de servicios domésticos, producción y venta de animales domésticos, comercio de artesanías típicas, costurería, tiendas, panaderías, entre otros.

1.3.3. Etnia, costumbre y religión

La población del municipio pertenece a la etnia mam, por lo que antiguamente se hablaba mam. En las comunidades y aldeas las tradiciones se han ido olvidando, ya que se ha operado una transformación, debido a la migración de los hijos a otros lugares, como también, la llegada de personas ajenas. Un 60 % de sus habitantes profesa la religión católica, 30 % religión evangélica y el 10 % restante practica otra religión.

1.3.4. Alfabetismo

El nivel de alfabetismo ha ido en crecimiento, en ambas comunidades se cuenta con una escuela oficial rural mixta que imparte hasta sexto primaria, 67% de los habitantes sabe leer y escribir, no existen en las comunidades establecimientos de nivel básico, por lo que, los estudiantes de tienen que trasladarse a aldea Corral Grande.

1.3.5. Organización comunitaria

La participación organizada de la comunidad, es fundamental para impulsar procesos de desarrollo integral y sostenible.

En Chim existen diversos grupos y comités organizados con fines específicos: Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE). También existe el comité pro salud, comité de riego, directiva deportiva, patronato de padres de familia y comité pro carreteras.

En Provincia Chiquita existen diversos grupos y comités organizados con fines específicos: Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE). También existe el comité de agua, comité pro mejoramiento y comité educativo.

1.4. Descripción de necesidades

A través de un diagnóstico comunitario, se estableció que las necesidades básicas se enfatizan en los sectores de educación, salud y vías de comunicación.

De acuerdo con la información proporcionada por la Oficina Municipal de Planificación, personas de las comunidades y las visitas de campo, las necesidades urgentes son las siguientes:

- Introducción de agua potable
- Mejoramiento del sistema vial
- Puestos de salud
- Ampliación de energía eléctrica
- Carreteras

- Ampliación de escuelas
- Construcción de sistema de drenaje

1.5. Priorización de las necesidades

Las razones por las cuales se priorizó el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío chichicaste, son las siguientes:

- El caserío no cuenta con un sistema de agua potable.
- Alto costo para la obtención de agua para ciertos sectores del caserío.
- Problemas de salud en los habitantes provenientes del consumo de agua no potable

Las razones por las cuales se priorizó el puente vehicular del caserío Alta Vista son las siguientes:

- El difícil acceso al caserío y caseríos aledaños en tiempos de lluvia lo cual crea una incomunicación.
- Accidentes de tránsito por querer cruzar cuando el nivel del río ha crecido.

2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR

En esta fase se presentan los proyectos elaborados bajo los criterios científicos, puestos en práctica para definir dimensiones, parámetros y la presentación de soluciones ingenieriles para satisfacer las necesidades identificadas en la fase anterior. Los proyectos de infraestructura corresponden de la siguiente manera:

2.1. Diseño de Puente Vehicular, caserío Alta Vista, aldea Provincia Chiquita, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

El proyecto consiste en diseñar un puente vehicular para la carretera que conduce del caserío Alta Vista hacia el municipio de Palestina de los Altos, cuya función será mejorar el transporte de cultivos, los cuales son base para el desarrollo económico y eficaz para los habitantes del lugar y de las comunidades más lejanas.

2.1.1. Definición

El puente es una estructura que permite pasar el tráfico, a través de cualquier interrupción al trazo de una carretera tal como un río, un cañón, un barranco u otra línea de tráfico. La estructura de un puente se puede dividir en dos partes, a saber: superestructura y subestructura.

La subestructura está compuesta por los elementos que soportan el puente, como estribos y pilas; por su parte, la superestructura está compuesta por el piso y la estructura que a la vez soporta el piso.

Estructuralmente funciona de manera que el piso reciba la carga viva que pasa sobre el puente y transmita a las vigas principales, que están apoyadas en los estribos y pilas; éstos a su vez reciben la carga total a los cimientos, los cuales conducen finalmente la carga al suelo.

2.1.2. Tipo de vehículos

- C-2: es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
- C-3: es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o tándem (eje de tracción).
- C-4: es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
- T-2: es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje simple de rueda doble (eje de tracción).
- T-3: es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje doble o tándem (eje de tracción).
- T-4: es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
- S-1: es un semiremolque con un eje trasero simple de rueda doble.
- S-2: es un semiremolque con un eje trasero doble o Tándem.
- S-3: es un semiremolque con un eje trasero triple.
- S-4: es un semiremolque con un eje trasero cuádruple.
- R-2: es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero simple o de rueda doble.
- R-3: es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero doble Tándem.
- R-4: es un remolque con dos ejes de rueda doble o tándem en cada uno de sus extremos.

2.1.3. Tipo de puentes

Existen varios tipos de puentes, entre los cuales se pueden mencionar los de vigas, armaduras, los de arcos o cables, colgantes, entre otros.

- **Puente de vigas**

Los puentes de acero más simples consisten en vigas I, roladas o vigas de patín de ancho, que soportan el tráfico que se mueve sobre la cubierta de rodamiento o están totalmente integrados a ella. Las vigas roladas también sirven como piezas de puentes largueros, para cubiertas de travesaños armadas y puentes de armadura.

Pueden obtenerse reducciones en el peso del acero, aunque con mayores costos por concepto de trabajo; se añaden cubre placas en el área de momentos máximos, para dar continuidad sobre algunos claros, utilizando la cubierta para una acción combinada de las medidas anteriores.

- **Puente de armadura**

Las armaduras están formadas por elementos rectos en arreglos triangulares. Aun cuando la construcción de tipo armadura se aplica a casi todos los sistemas estáticos, el término se restringe en este artículo a las estructuras de tipo de vigas: claros, simples, así como estructurales continuas y articuladas (en voladizo).

Los puentes de armaduras requieren más trabajo de campo, que los de travesaños armadas semejantes. Además, el mantenimiento de las armaduras es más costoso, debido a la hechura más complicada de los miembros y el difícil

acceso a las superficies de acero expuestas. Por estas razones, y como producto de las cambiantes preferencias estéticas, el uso de armaduras está cada vez más restringido a puentes de claro largo, donde el peso es relativamente alto y el consecuente fácil manejo de los miembros individuales señala ventajas decisivas. Las cubiertas de los puentes carreteros de armadura, en general, son losas de concreto sobre estructura de acero.

En el diseño de pernos, los elementos están formados por canales o por ángulos y placas, que se combinan en secciones abiertas o semiabiertas. Los lados abiertos se arriostran con barras de enlace, placas de sujeción o cubreplacas perforadas. Los elementos soldados de la armadura se hacen de placas.

En la mayoría de las armaduras, los miembros se unen con pernos o soldaduras con placas de junta. Como regla, los ejes o las líneas de centros de gravedad de todos los elementos, que convergen en una junta, se intersectan en un solo punto

- Puentes de arco o cable

Cuando las condiciones de sitio son las tales que se requiere una altura considerable, desde la fundación hasta la rasante de vía o se requiere salvar un claro relativamente largo, un puente de arco puede ser económico por la eliminación de la subestructura, y puede ser dos goznes para claros cortos y de tres goznes para claros largos.

- Puentes colgantes

Hasta ahora es el único tipo de puente que puede ser utilizado por claros mayores de 1 800 pies. Y compite con otros sistemas en claros más cortos. El sistema estructural básico consiste de cables principales flexibles (a veces cadenas de argollas) y, suspendido de ellos, traveses o armaduras rigidizantes (denominados en general vigas de rigidización), que soportan la estructura de la cubierta. Los carriles de tránsito vehicular se acomodan, por lo general, entre los sistemas principalmente de soporte. Las banquetas se colocan entre los sistemas principales o en voladizo a ambos lados.

2.1.4. Especificaciones de diseño

Se debe tomar en cuenta algunos criterios antes de desarrollar un diseño de puente, los cuales se definen a continuación.

- Recubrimientos: AASHTO 8.22., medido del rostro de la barra a la superficie del concreto: 8 centímetros para cimiento y muros, 5 cms para losas arriba y 2,5 cms abajo, 5 cms para columnas y vigas.
- Longitud de desarrollo: AASHTO 8.24.1.2., se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria, a partir del punto donde se requieren por diseño; es esta la mayor de la profundidad efectiva del elemento, que es de 15 diámetros de la barra o la luz/20.
- Traslapes: AASHTO 8.25DGC 509.080. Se calculan con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras núm. 11, de tal modo que desarrollen un 125 % de F_y nominal de la barra, y sigue la especificación AASHTO

8.33.2; se evita localizarlas en los puntos donde se producen esfuerzos de tensión críticos y nunca es una misma línea; éstos deberán colocarse alternos a cada 60 cms.

- Ganchos: AASHTO 8.23.2.2. Los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados, o 12 diámetros, cuando se trata de 90 grados.

Se deben seguir las normas establecidas para paquetes de barras, respecto a su cantidad, longitud de desarrollo y recubrimientos, siguiendo los lineamientos del artículo 8.21.5 de AASHTO.

- Para la superestructura se deben tomar en cuenta:
 - La acera y el barandal se deben construir posteriormente a que las vigas se hayan reflectado libremente.
 - Se debe colocar una capa de 5 cms; de espesor de asfalto, para proteger la superficie del concreto y eliminar irregularidades en la superficie del mismo.
 - Todos los elementos de acero estructural del puente deberán cubrirse con dos capas de pintura anticorrosivo de diferente color, exceptuando los pernos que deberán dejarse correctamente engrasados.
 - Cualquier soldadura que se ejecute deberá ser conforme a las normas establecidas en el manual de la *American Welding Society* y siguiendo el detalle de los planos.

- Para la subestructura se debe tomar en cuenta lo siguiente:
 - Los estribos deben ser diseñados para la capacidad soporte establecida en el estudio de suelos y a la profundidad definida por el ingeniero de suelos, para cada caso.
 - Deberá evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes a las riberas del río, para evitar posibles socavaciones en el futuro.
 - No se debe permitir la destrucción de los bancos de materiales, de manera que las excavaciones sean del tamaño estrictamente necesario, para acomodar los estribos.
 - Deberá proporcionarse un adecuado drenaje a los estribos, para evitar presiones nocivas a la estructura.

2.2. Dispositivos básicos de protección

Estos dispositivos se describen en los siguientes subtítulos

2.2.1. Barreras de concreto

Las barreras deben ser diseñadas con altura, capacidad resistente y perfil interno adecuados. En puentes con dos vías de tráfico, puede disponerse de una barrera mediana magnitud como elemento separador entre las dos vías. En obras urbanas, se admiten barreras especiales, más ligeras y estéticas, pero con la resistencia verificada. Las barreras serán ubicadas como mínimo a 0,60 metros del borde de una vía y como máximo a 1,20 metros.

2.2.2. Barandas

Las barandas deben ser especificadas de tal forma que sean seguras, económicas y estéticas. Las soluciones mixtas de barandas de metal más concreto satisfacen generalmente estos requisitos.

La altura de las barandas para puentes peatonales será no menor que 1,10 metros; considerando ciclovías, será no menor que 1,40 metros.

2.3. Descripción del proyecto

Se diseñará un puente vehicular de una vía, de 20 metros de largo por 6,00 metros de ancho y banquetas laterales de 0,60 metros. El puente será de concreto armado fundido in situ, compuesto de losa, banquetas, barandas, vigas principales, diafragmas, vigas de apoyo con neopreno y estribos de concreto ciclópeo, diseñado para soportar una carga viva AASHTO H 20-44.

2.4. Estudios preliminares

Los estudios preliminares para el diseño de un puente vehicular, constituyen como paso principal para realizar correctamente el proceso detallado del mismo, ya que es a partir de dichos estudios que se pueden tener datos claros y precisos tanto del lugar, como de las condiciones a las cuales se debe adaptar la estructura vehicular, sin provocar riesgos, tanto humanos como en el área financiera.

2.4.1. Estudio topográfico

El estudio topográfico constituye uno de los elementos básicos para realizar el diseño de puentes, ya que proporciona datos necesarios para la determinación de la geometría de las partes constitutivas del puente.

Para el presente estudio, se realizó un levantamiento de primer orden, debido a que no se poseía plano del lugar y consistió en lo siguiente:

2.4.1.1. Planimetría

Tiene como finalidad definir la proyección horizontal del puente, es decir, localizarlo dentro de la sección del río, con el propósito de ubicarlo en la posición óptima, dentro de 250 metros, en todos los cuadrantes.

2.4.1.2. Altimetría

Con los datos obtenidos en campo se procedió a dibujar, creando el polígono. Curvas de nivel del terreno, las cuales representan el relieve del terreno, estos puntos son llamados puntos de cota redonda. Con cada dato tomado se hizo el trazo del eje central del puente.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- Teodolito marca Wild T-1
- Cinta métrica de 50 m.
- Estadal de 4 m.
- Juego de estacas
- Plomada

2.4.2. Estudio hidrológico e hidráulico

El estudio hidrológico e hidráulico son de gran importancia y se complementa con el estudio topográfico, para la determinación de la geometría de los elementos constitutivos del puente.

Para el cálculo de los caudales, existen varios métodos, entre los cuales están: aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico y sección pendiente.

El método que se utilizó en el presente proyecto fue el de sección-pendiente el cual se explica a continuación.

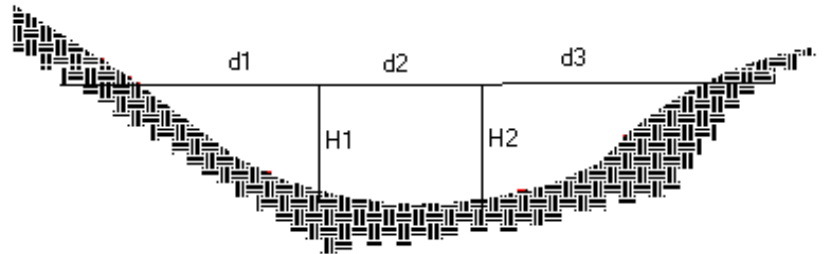
2.4.2.1. Método sección pendiente

Es uno de los métodos más utilizados en lugares donde no es posible recabar información suficiente para un cálculo confiable. Para obtener la crecida máxima, se procede a consultar a los habitantes del lugar, buscar señales que han dejado las crecidas anteriores y búsqueda en archivos o crónicas locales, teniéndose la crecida máxima durante la tormenta Stan en 2005 como referencia, el riachuelo alcanzó una altura de 1,25 metros desde el lecho.

Es importante mencionar que este tipo de fenómenos ha aumentado su frecuencia y magnitud en los últimos años, prueba de ello, es el reciente impacto a la infraestructura por fenómenos meteorológicos como las tormentas Agatha y Alex en 2010.

Al definir una altura de crecida, se obtiene el valor del área de la sección, para ello, se calcula el área de influencia de cada sección parcial.

Figura 1. Área de sección del río



Fuente: elaboración propia.

Se calcula el área de la sección, integrando las alturas estimadas y las distancias en la superficie.

$$A_1 = \left(\frac{d_1}{2}\right) + \left(\frac{d_2}{2}\right) * H_1$$

$$A_2 = \left(\frac{d_2}{2}\right) + \left(\frac{d_3}{2}\right) * H_2$$

$$A_t = A_1 + A_2$$

Luego se obtiene el valor de la velocidad (V), por medio de la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{N} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

R = radio hidráulico

S = pendiente

N = coeficiente de rugosidad

Para obtener la pendiente se recurrió a los datos del levantamiento topográfico. Los datos obtenidos en campo dieron como resultado:

Cota 1 = 101,08

Cota 2 = 100,06

Distancia horizontal = 26,00 m

$$s = \frac{Cota\ 1 - Cota\ 2}{Distancia\ horizontal} * 100$$

$$s = \frac{101,08 - 100,06}{26,00} * 100$$

$$s = 3.92 \%$$

2.4.2.2. Cálculo de caudales máximos

Para el cálculo del caudal máximo, se utilizó la fórmula de continuidad derivada de la velocidad a través de la fórmula de Manning, con los datos de la crecida máxima registrada:

Datos:

Área = 26,38 m²

Pendiente = 3,92 %

Coeficiente de rugosidad = 0,040

Perímetro mojado = 22,76 m

Cálculos:

$$R = \frac{A}{PM} = \frac{26,38}{22,76} = 1,16 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,04} * 1,16^{2/3} * 0,0392^{1/2} = 5,44 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A = 5,44 * 26,38 = 143,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal obtenido servirá para determinar la altura mínima del puente y el área de descarga.

2.4.3. Estudio de suelo

Debido a la falta de recursos de la municipalidad, se recurrió a la obtención de una muestra inalterada de 1 pie cúbico de suelo recubierto con parafina, para su transporte hacia el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se sometió al ensayo de compresión triaxial (ver anexo).

2.4.4. Estudio de riesgo sísmico

El estudio de riesgo sísmico tendrá como objetivo determinar espectros de diseño que definan la componente horizontal y vertical del sismo a nivel de cota de cimentación.

Requerimiento del estudio, el alcance del estudio de riesgo sísmico dependerá de:

- La zona sísmica donde se ubica el puente
- El tipo de puente y longitud
- Las características del suelo

Alcances: cuando se requiera un estudio de riesgo sísmico para el sitio, este deberá comprender como mínimo lo siguiente:

- Recopilación y clasificación de la información sobre los sismos observados en el pasado.
- Antecedentes geológicos, tectónicos y mapa geológico de la zona de influencia.
- Estudios de suelo, definiéndose la estratigrafía y las características físicas más importantes del material en cada estrato.
- Determinación de las máximas aceleraciones, velocidades y desplazamientos en el basamento rocoso correspondientes al sismo de diseño y al máximo creíble.

2.4.5. Estudio de tráfico

Si la magnitud de la obra requiere efectuar el estudio de tráfico correspondiente a volumen y clasificación de tránsito, se realizará en puntos establecidos, con el objetivo de determinar las características de la infraestructura vial y la superestructura del puente.

Por lo general, debe suponerse que cuando se decide la construcción de un puente, se han estudiado y fijado las características básicas de él, por lo que se refiere al tránsito para el que debe proyectarse: número de vías, ancho de estas, velocidad de operación, tipo de vehículos que deben considerarse, entre otros.

La metodología a seguir será la siguiente:

- Conteo de tráfico: se definirán estaciones de conteo ubicadas en el área de influencia.
- Clasificación y tabulación de la información: se deberán adjuntar cuadros indicando el volumen y clasificación vehicular por estación.
- Análisis y consistencia de la información: se llevará a cabo comparando con estadísticas existentes a fin de obtener los factores de corrección estacional para cada estación.
- Tráfico actual: se deberá obtener el índice medio diario (IMD) de los conteos de volúmenes de tráfico y del factor de corrección determinado del análisis de consistencia.

2.4.6. Estudio de trazo y diseño vial de los accesos

Son las características geométricas y técnicas del tramo carretero que enlaza el puente en su nueva ubicación con la carretera. En la primera parte se explica la geometría de la carretera que lo enlaza.

Estudios que lo comprenden:

- Diseño geométrico
 - Definición el alineamiento horizontal y perfil longitudinal del eje en los tramos de los accesos.
 - Definición de las características geométricas (ancho) de la calzada y cunetas en las diferentes zonas de corte y rellenos de los accesos.

- Trabajos topográficos
 - Levantamiento topográfico con curvas de nivel a cada 1 metro y con secciones transversales a cada 10 o 20 metros.
 - Estacado del eje con distancias de 20 metros para tramos en tangente y cada 10 metros para tramos en curva.
 - Referenciación de los vértices (PI) de la poligonal definitiva y los puntos de principio (PC) o fin (PT) de las curvas, respecto a marcas en el terreno o monumentación de concreto debidamente protegidos que permitan su fácil ubicación.
 - Cálculo de las coordenadas de los vértices de la poligonal definitiva teniendo como referencia los hitos geodésicos más cercanos.

- Diseño de pavimentos

Determinación de las características geométricas y dimensiones técnicas del pavimento de los accesos, incluyendo la carpeta asfáltica, base y subbase.

2.5. Diseño de superestructura

La superestructura estará compuesta por los elementos estructurales que transmitirán las cargas dinámicas del flujo vehicular y su propio peso, hacia los elementos de la subestructura.

Para realizar el diseño de la superestructura se necesita los siguientes datos:

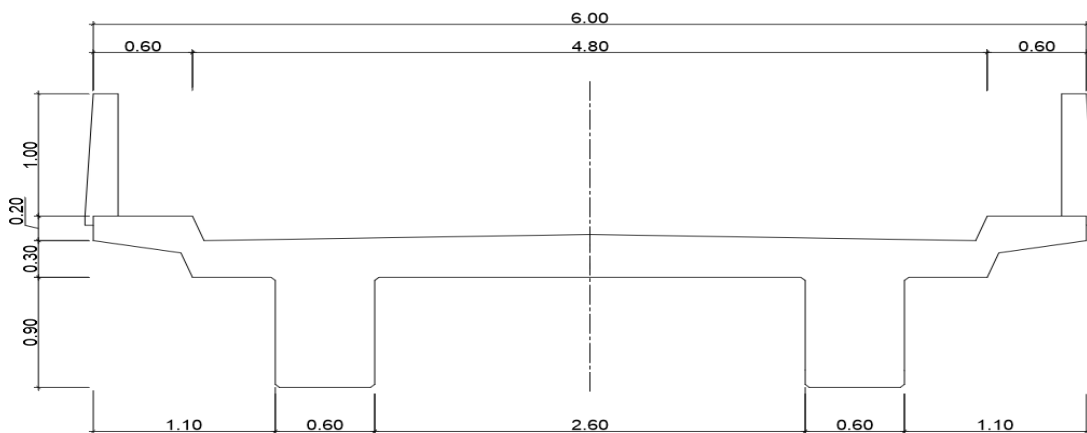
Sobrecarga	= H 20-44
Ancho útil	= 4,80 m

Ancho de banqueta	=	0,60 m
Resistencia del concreto: $f'c$	=	210 kg / cm ²
Resistencia del acero: Fy	=	2 810 kg / cm ²
Resistencia del concreto en viga: $f'c$	=	281 kg / cm ²
Resistencia del acero en viga: Fy	=	4 200 kg / cm ²
Peso del concreto ciclópeo: Wcc	=	2 700 kg / m ³
Peso del concreto armado: Wc	=	2 400 kg / m ³
Capacidad soporte del suelo	=	34 000 kg / m ²
Luz total	=	20,00 m
Ancho total	=	6,00 m

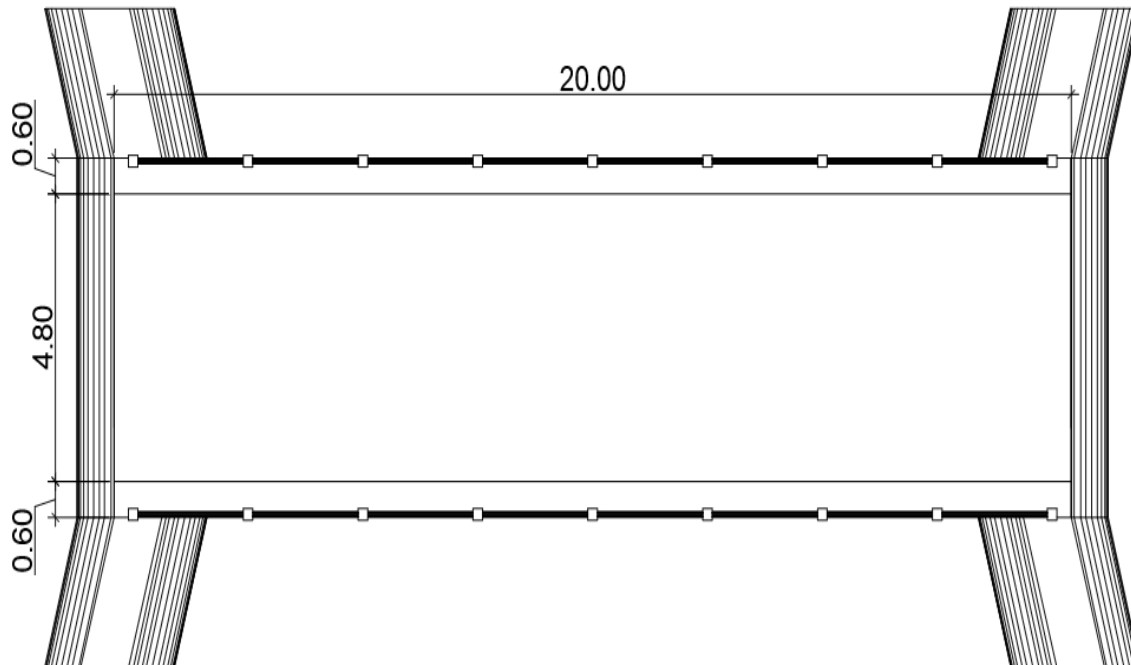
- Geometría de la superestructura

La geometría de los elementos estructurales de la superestructura basada en función al predimensionamiento realizado, siendo estos: la losa de rodadura, 2 vigas principales, 5 diafragmas, banquetas laterales y barandas, se propone de la siguiente manera:

Figura 2. **Propuesta de la superestructura**



Continuación de la figura 2.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Predimensionamiento de sección de viga

Las vigas son elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que estas transmiten cargas externas transversales, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en su longitud. Además, las vigas son las que soportan toda la carga de la superestructura y le dan la estabilidad a esta.

Para determinar las secciones de las vigas principales se debe tomar en cuenta la luz de las mismas. Para esto se tiene la ecuación para un peralte no menor que $1/16$ de la luz total, para evitar el chequeo por deflexiones y la base

no deberá ser menor que el peralte sobre 3,5, para no tomar en cuenta el alabeo de la viga.

Para el diseño de este proyecto se contara con dos vigas principales con iguales dimensiones para la superestructura del puente, la sección de las vigas se obtiene con base a la luz del puente.

$$h = \frac{L}{16} = \frac{20}{16} = 1,25 \longrightarrow h_1 = 1,25 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{h}{3,5} = \frac{1,25}{3,5} = 0,357 \\ b &= \frac{h}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625 \end{aligned} \right\} \frac{0,982}{2} = 0,49 \text{ m}$$

Por criterio se utiliza las dimensiones siguientes:

$$h = 1,20 \text{ m}$$

$$b = 0,60 \text{ m}$$

- Vigas secundarias o diafragmas

$$h_{ext} = \frac{h_{vp}}{2} = \frac{1,20}{2} = 0,60 \text{ m}$$

$$h_{int} = \frac{3}{4} (h_{vp}) = \frac{3}{4} (1,20) = 0,90 \text{ m}$$

Por criterio utilizamos las dimensiones siguientes:

$$h_{ext} = 0,60 \text{ m}$$

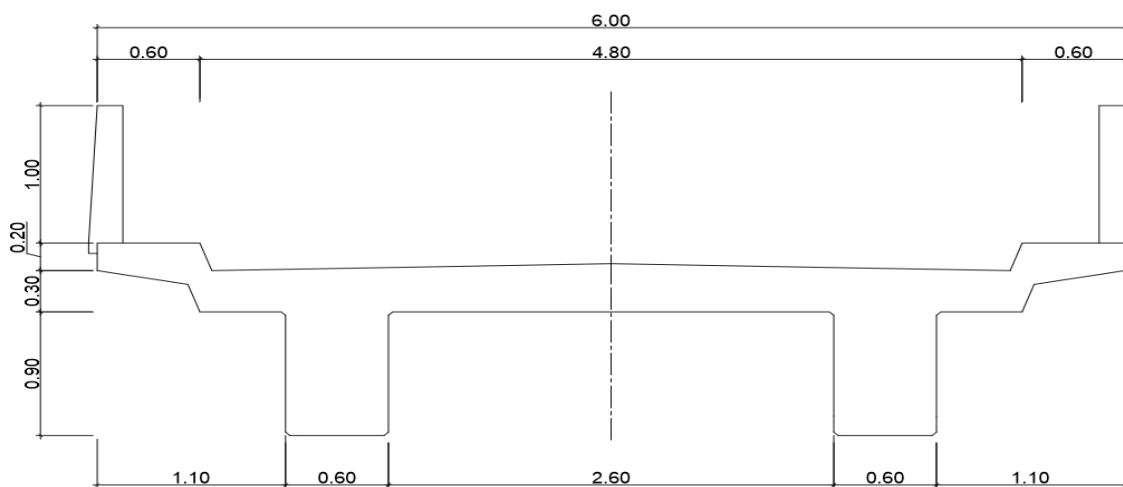
$$h_{int} = 0,90 \text{ m}$$

$$b_{ext} = 0,30 \text{ m}$$

$$b_{int} = 0,30 \text{ m}$$

En función al predimensionamiento y a la geometría del vehículo se propone una separación de viga, de tal manera que los ejes del vehículo pasen directamente sobre las vigas principales.

Figura 3. **Geometría final de la superestructura**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.5.1. **Diseño de barandal**

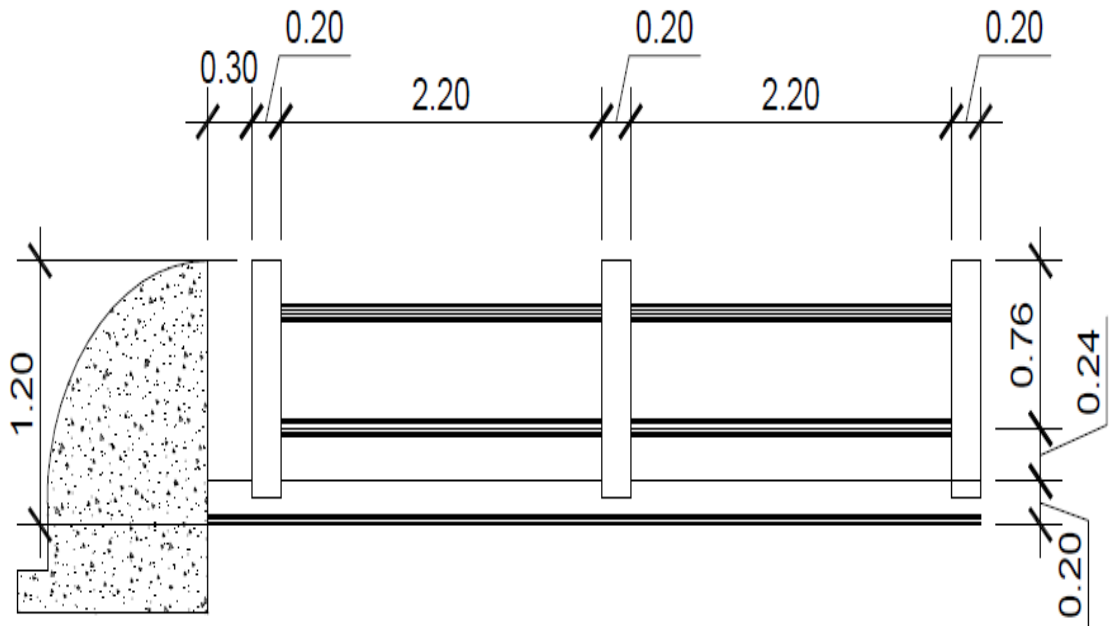
Se proponen las dimensiones a partir de los cálculos realizados para la propuesta y se evalúan según las Normas de la AASHTO en las secciones pertinentes.

El espesor de la acera será de 20 centímetros. Se propone una altura de poste de 1,00 metro, según la Norma AASHTO 13.7.3.2 recomienda altura de

baranda mayor a 685 milímetros, entonces, la altura de poste (H_p) es de $(1,00+0,20) = 1,20$ metros; medido desde la losa y es mayor a AASHTO sección 13.8.1 que recomienda 1 060 milímetros.

La separación entre postes será de 2,20 metros y entre rieles de 0,24 metros desde la banqueteta.

Figura 4. **Geometría de la baranda**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Cálculo de cargas

Según la Norma AASHTO 13.8.2 la carga para el poste está dada por:

$$P_{LL} = 890 + 0,73 L$$

Donde:

P_{LL} = separación entre postes en mm

$$P_{LL} = 890 + 0,73 (2\ 200)$$

$$P_{LL} = 2\ 496\ \text{N} = 2\ 496\ \text{N} / 9,8\ \text{m/s}^2 = 254,69\ \text{kg}$$

Fuerza transversal está dada por tabla XII, se calcula de la siguiente manera:

$$W = 80\ 000\ \text{N}$$

$$F_t = 120\ 000\ \text{N} \qquad F_t = \frac{120\ 000\ \text{N}}{9,8\ \text{m/s}^2} = 12\ 244,90\ \text{Kg}$$

$$B = 2\ 300\ \text{mm} \qquad P_{F_t} = 12\ 244,90\ \text{Kg} * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{3}\right) = 2\ 040,82\ \text{Kg}$$

$$G = 1\ 250\ \text{mm}$$

$$\sum P = (254,69 + 2\ 040,82) = 2\ 295,51\ \text{kg}$$

Momento para 1 m

$$M = PL$$

$$M = (2\ 295,51\ \text{kg}) (1\ \text{m}) = 2\ 295,51\ \text{kg-m}$$

$$\text{Sección} = 20\ \text{cm} * 20\ \text{cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5\ \text{cm}$$

$$b = 20\ \text{cm}$$

$$d = 17,5\ \text{cm}$$

Cálculo de acero:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{(M_u * b)}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 \frac{f'c}{F'y}$$

$$A_s = 5,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} b d = 6,475 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} b d = 1,75 \text{ cm}^2$$

Chequeo a compresión:

$$\gamma_c = \frac{F_v}{A} = 80\,000 \text{ N} / (20 * 20) = 200 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\gamma_c < 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok } \checkmark$$

Se propone armado de poste con 4 núm. 4 + Est. Núm. 2 @ 0,15

Cálculo de carga distribuida para riel

$$W = \frac{F_t}{d} = \frac{2\,040,82 \text{ kg}}{2,20 \text{ m}} = 927,65 \text{ kg}$$

Momento máximo, cuando el elemento se encuentra empotrado en ambos extremos.

$$M_{\max} = \frac{Wl^2}{12} = (927,65) (2,20)^2 / 12$$

$$M_{\text{máx}} = 374,15 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Sección = 20 cm * 10 cm

Por fórmula cuadrática $A_s = 1,98 \text{ cm}^2$

Se propone armado de riel 2 núm. 3 + ESL núm. 2 @ 0,10 m

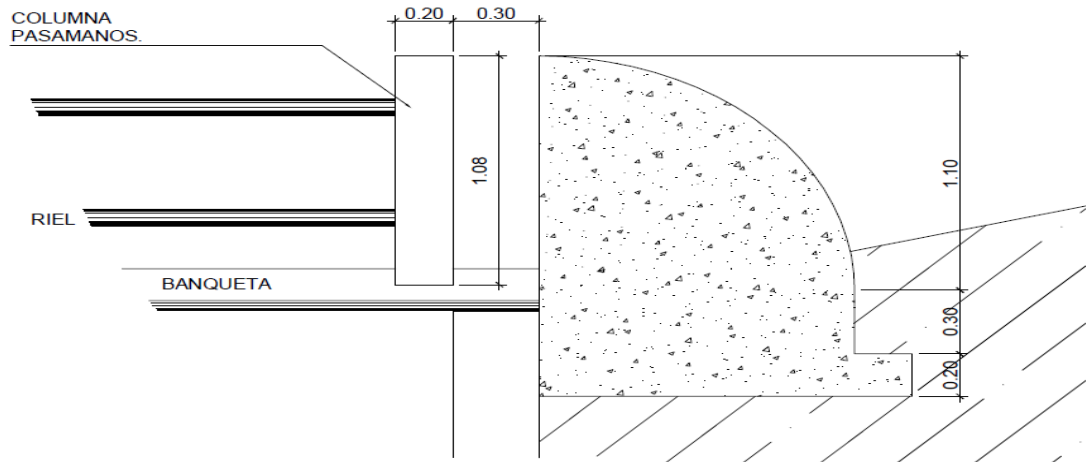
2.5.2. Diseño de parachoques

Es una estructura de concreto reforzado que sirve para la protección del barandal del puente, se sitúa en la entrada del mismo y es una estructura fuera del puente.

- Dimensionamiento del parachoques

Por ser una estructura de protección a la baranda se debe tomar en cuenta una forma geométrica que cubra las dimensiones tanto de altura y ancho de la baranda, se utilizará una forma geométrica de cuarto de círculo, se dimensionó el parachoques como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Dimensiones de parachoques



Fuente: elaboración propia, empleand AutoCAD® 2018.

- Cálculo de fuerzas actuantes

Para el diseño del parachoques se toma el 25 % del vehículo de diseño, se chequea que resista el impacto el parachoques y se toma un armado para el área de acero mínimo.

$$FI = 0,25 * 18\ 180\ \text{kg} = 4\ 545\ \text{kg}$$

Para el concreto se halla el área en la cual estará en contacto la fuerza de impacto:

$$\text{Perímetro} = \frac{2\pi * 1,10}{4} = 172,79\ \text{cm}$$

$$\sigma_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 172,79 * 20 = 725\ 718\ \text{kg}$$

Por lo tanto, el parachoques resiste el impacto y se halla su armado mínimo por medio de la siguiente manera:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 110 * 15 = 8,28 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1,27 * 110}{8,28} = 16,87 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el armado será núm. 4 G40 @ 0,15 metros en ambas direcciones y camas.

2.5.3. Diseño de losa

El elemento estructural sobre el cual, pasará el tráfico vehicular es la losa de concreto armado y se diseña de la siguiente manera:

- Cálculo del peralte

Según especificación para losas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tráfico, según la Norma AASHTO 8.9.2, se tiene:

$$T = 1,2 (S + 3,05) / 30 \geq 0,17 \text{ m}$$

Donde:

T = espesor

S = luz libre entre vigas

$$T = 1,2 \left(\frac{2,60 + 3,05}{30} \right) = 0,226 \approx 0,20 \text{ m.}$$

Se utilizará un espesor de 20 centímetros.

- Integración de cargas

Losa:

$$W_{\text{losa}} = 0,20 * 2\ 400 * 1 = 480 \text{ kg / m de ancho}$$

Poste:

$$W_{\text{poste}} = 0,20 * 0,20 * 2\ 400 = 96,00 \text{ kg / m}$$

Banqueta:

$$W_{\text{banqueta}} = 0,20 * 0,60 * 2\ 400 = 288,00 \text{ kg / m}$$

Baranda:

$$W_{\text{baranda}} = 10,00 \text{ kg / m}$$

$$W_{\text{cm}} = 480,00 + 96,00 + 288,00 + 10,00 = 874,00 \text{ kg / m}$$

- Cálculo de momento para carga muerta

El momento debido a la carga muerta se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$M_{\text{cm}} = \frac{WS^2}{10} \longrightarrow \text{Para luz intermedia entre viga y viga.}$$

$$M_{\text{cm}} = \frac{WL^2}{2} \longrightarrow \text{Para luz de los extremos (voladizo).}$$

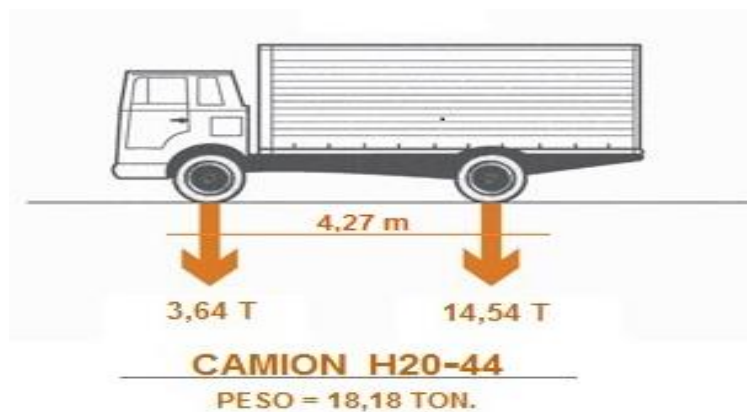
$$M_{cm} = \frac{(480,00)(2,6)^2}{10} = 324,48 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{cm} = \frac{(874,00)(1,10)^2}{2} = 528,77 \text{ kg} - \text{m} \quad \checkmark$$

Se toma el mayor

- Cálculo de momento para carga viva

Figura 6. **Sobrecarga del camión Standard H20-44**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

P_{H20} = carga de llanta

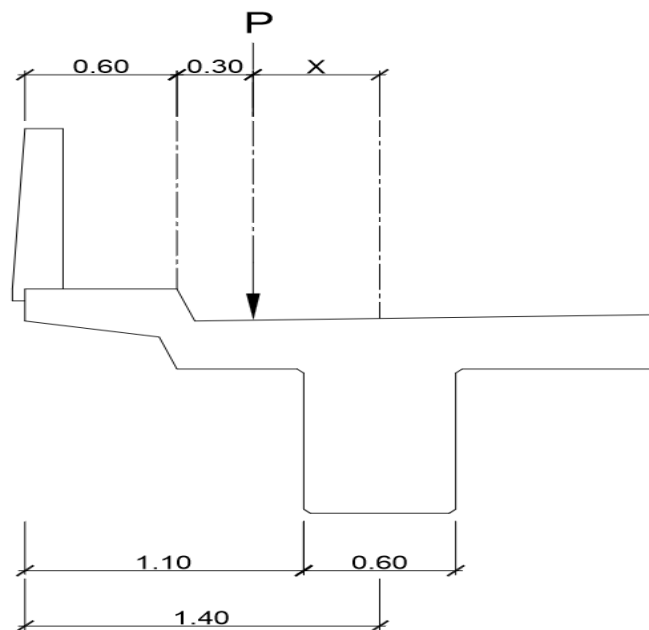
$$P_{H20} = \frac{14,54 \text{ T}}{2} = 7,27 \text{ ton}$$

$$P_{H20} = 7,27 \text{ Ton} * \frac{1 \text{ 000 Kg}}{1 \text{ Ton}} = 7 \text{ 270 Kg}$$

$$M_{cv \text{ voladizo}} = \left(\frac{PH - 20}{E} \right) * X$$

$$E = 0,80 X + 3,75$$

Figura 7. **Sobrecarga del camión en voladizo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

$$X = 1,40 - 0,60 - 0,30 = 0,50 \text{ m}$$

$$E = 0,80 * \left(0,50\text{m} * \frac{3,28\text{pie}}{1\text{m}} \right) + 3,75 = 5,06 \text{ pie}$$

$$E = \left(5,06 \text{ pie} * \frac{1 \text{ m}}{3,28 \text{ pie}} \right) = 1,54 \text{ m}$$

$$M_{cv \text{ voladizo}} = \left(\frac{7 \ 270}{1,54} \right) * 0,50 = 2 \ 360,39 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{cv \text{ central}} = \frac{0,80 (S + 0,61) P}{9,75}$$

Donde:

S = Separación entre vigas

P = Carga de camión, peso del eje más pesado.

$$M_{cv \text{ central}} = \frac{0,80 (2,6 + 0,61) 7\ 270}{9,75}$$

$$M_{cv \text{ central}} = 1\ 914,81 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Momento producido por impacto

El momento debido al impacto, está especificado como una fracción de la carga viva y puede determinarse por la fórmula AASHTO 1.2.12. Grupo C:

$$I = \frac{15}{L + 38} \leq 0,3$$

Donde:

I = fracción de impacto, siendo I máx = 30%

L = longitud del tramo donde la carga produce el máximo esfuerzo

$$I = \frac{15}{20 + 38} = 0,26 \leq 0,3 \quad \checkmark$$

El momento último de voladizo se calcula aplicando la fórmula.

$$\text{MUD voladizo} = 1,3 \left(\text{Mcm} + \frac{5}{3} (\text{McV} * \text{I}) \right)$$

$$\text{MUD voladizo} = 1,3 \left(528,77 + \frac{5}{3} (2\ 360,39 * 1,30) \right)$$

$$\text{MUD voladizo} = 7\ 335,83 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Cálculo de refuerzo

Se utilizará la siguiente fórmula para cálculo de refuerzo de diseño:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{(M_u * b)}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 \frac{f'_c}{F'_y}$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 17,5 \text{ cm}$$

$$M_u = 7\ 335,83 \text{ kg} - \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$F_y = 2\ 810 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Lo que da como resultado un $A_s = 16,15 \text{ cm}^2$

Determinando el $A_{s\text{mín}}$ y $A_{s\text{max}}$ se verificará si el A_s está en el rango.

Según norma ACI 318-11 sección 10.5.1 se tiene:

$$A_{s\min} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right) bd$$

$$A_{s\min} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 100 * 17,5 \geq \left(\frac{14,1}{2810}\right) * 100 * 17,5$$

$$A_{s\min} = 7,21 \geq 8,75$$

$$A_{s\min} = 8,75 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_{s\min}$ = área de acero mínimo

F_y = resistencia a la fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

$$A_{s\max} = \rho_{\max} bd \quad \text{Donde,} \quad \rho_{\max} = 0,5\rho_b$$

$$\rho_b = \beta_1 * \left(0,85 \frac{f_c}{F_y}\right) * \left[\frac{6120}{(6120 + F_y)}\right]$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 17,5 \text{ cm}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg / cm}^2$$

$$f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$\beta_1 = 0,9$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$A_{s_{\min}} = 8,75 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 16,15 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 32,38 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero es mayor que el área de acero mínimo, utilizar el A_s para cálculo de refuerzo.

Separación A_s para varillas núm. 5 ($A_s = 2,00 \text{ cm}^2$)

$$16,15 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$2,00 \text{ cm}^2 \text{ ----- } s$$

$$s = 12.38$$

Utilizando refuerzo núm. 5, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: hierros núm. 5 @ 13 cm.

El momento último central se calcula aplicando la fórmula.

$$\text{MUD central} = 1,3 \left(\text{Mcm} + \frac{5}{3} (\text{Mcv} * I) \right)$$

$$\text{MUD central} = 1,3 \left(528,77 + \frac{5}{3} (1\ 914,81 * 1,30) \right)$$

$$\text{MUD central} = 6\ 080,78 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Cálculo de refuerzo

Se utilizará la siguiente fórmula para cálculo de refuerzo de diseño:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{(M_u * b)}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 \frac{f'c}{F'y}$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 17,5 \text{ cm}$$

$$M_u = 6\,080,78 \text{ kg - m}$$

$$F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$F_y = 2\,810 \text{ kg / cm}^2$$

Lo que da como resultado un $A_s = 14,71 \text{ cm}^2$

Determinando el $A_{s\text{mín}}$ y $A_{s\text{max}}$ se verificará si el A_s está en el rango.

Según norma ACI 318-11 sección 10.5.1 se tiene:

$$A_{s\text{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

$$A_{s\text{min}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 100 * 17,5 \geq \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 17,5$$

$$A_{s\text{min}} = 7,21 \geq 8,75$$

$$A_{s\text{min}} = 8,75 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínimo

F_y = resistencia a la fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} bd$ Donde, $\rho_{\max} = 0,5\rho_b$

$$\rho_b = \beta_1 * (0,85 \frac{f_c}{F_y}) * \left[\frac{6120}{(6120 + F_y)} \right]$$

Donde:

$b = 100 \text{ cm}$

$d = 17,5 \text{ cm}$

$F_y = 2810 \text{ kg / cm}^2$

$f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$

$\beta_1 = 0,9$

Sustituyendo valores se tiene:

$A_{s_{\min}} = 8,75 \text{ cm}^2$

$A_s = 14,71 \text{ cm}^2$

$A_{s_{\max}} = 32,38 \text{ cm}^2$

- Cálculo de refuerzo transversal cama inferior

Como el área de acero es mayor que el área de acero mínimo, utilizar el A_s para cálculo de refuerzo.

Separación A_s para varillas núm. 5 ($A_s = 2,00 \text{ cm}^2$)

$$\begin{array}{r} 14,71 \text{ cm}^2 \text{ -----} 100 \text{ cm} \\ 2,00 \text{ cm}^2 \text{ -----} \quad s \end{array}$$

$$s = 13,59$$

Utilizando refuerzo núm. 5, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: núm. 5 @ 13 cm perpendicular a la dirección del tráfico.

- Cálculo de refuerzo longitudinal cama inferior

La Norma AASHTO, recomienda que el refuerzo longitudinal debe ser el 67 % como máximo del refuerzo transversal.

$$A_s = 67 \% * A_s$$

$$A_s = 0,67 * 14,71 = 9,86 \text{ cm}^2$$

Separación A_s para varillas núm. 5 ($A_s = 2,00 \text{ cm}^2$)

$$\begin{array}{r} 9,86 \text{ cm}^2 \text{ -----} 100 \text{ cm} \\ 2,00 \text{ cm}^2 \text{ -----} \quad s \end{array}$$

$$s = 20,28$$

Utilizando refuerzo núm. 5, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: hierros núm. 5 @ 0,20 m

- Cálculo de refuerzo transversal cama superior

Según especificación de la Norma AASHTO, el área total de refuerzo suministrado será al menos de 2,64 centímetros cuadrados por metro, en cada dirección. El refuerzo por temperatura se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * T$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 100 * 20 = 4 \text{ cm}^2 > 2,64 \text{ cm}^2 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

Utilizando refuerzo núm. 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: hierros núm. 4 @ 20 cm, en ambos sentidos.

- Cálculo de acero de banqueteta

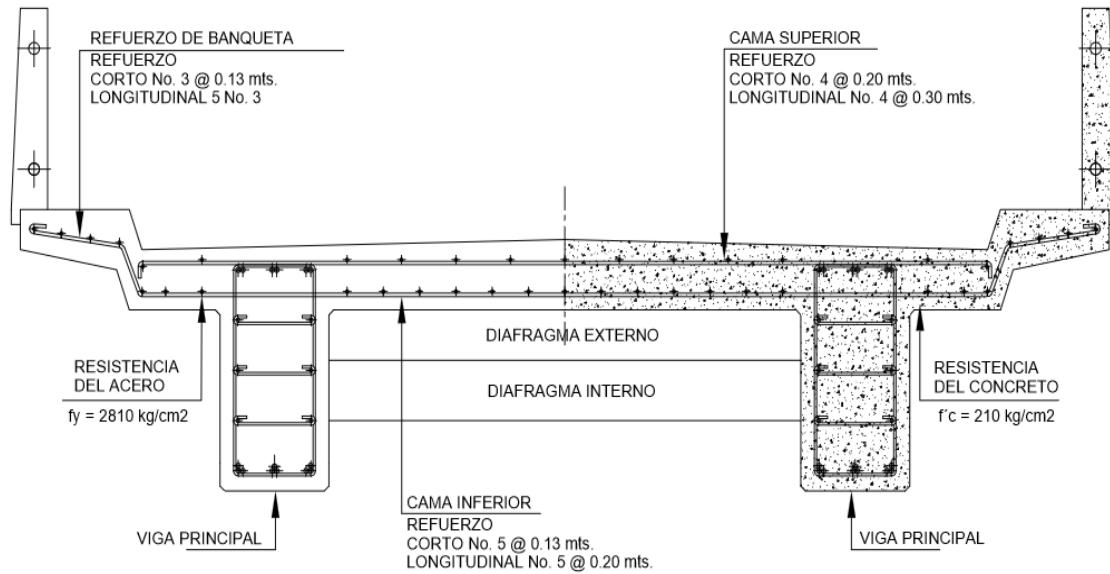
Será solamente por temperatura, porque solo será para peatones.

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * T$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 60 * 20 = 2,40 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo núm. 3, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: 5 hierros núm. 3 + estribo núm. 2 @ 0,20 m.

Figura 8. Detalle de armado de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.5.4. Diseño de diafragmas

- Diafragma interno

Debido al predimensionamiento de viga secundaria o diafragma, se establecieron las dimensiones siguientes:

Base 0,30 m y peralte 0,90 m

Según AASHTO, el refuerzo será equivalente al acero mínimo requerido por la sección, tanto en cama inferior como superior.

$$A_{s \min} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 85 * 30 \geq \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 85 * 30$$

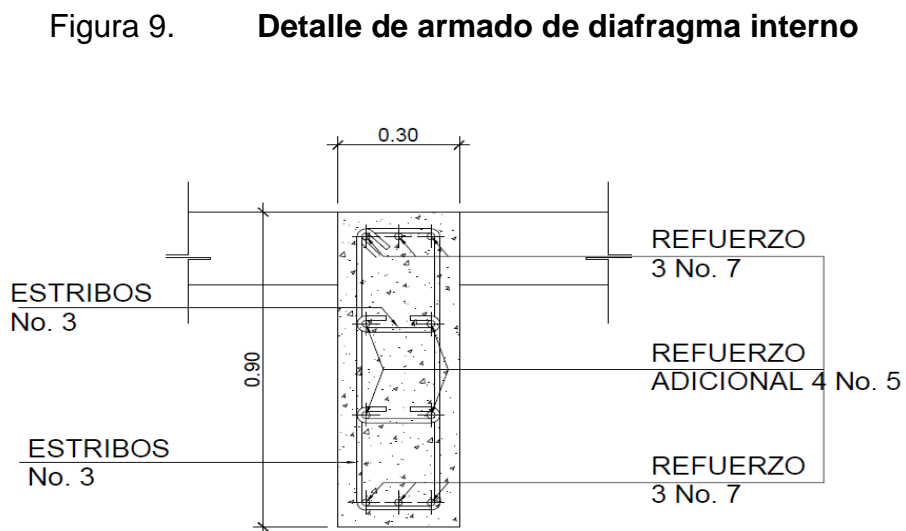
$$A_{s_{\min}} = 10,52 \geq 12,80$$

$$A_{s_{\min}} = 12,80 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo núm. 7, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: 3 núm. 7 corridas en ambas caras.

Refuerzo adicional: por cada pie de alto, se colocará un refuerzo adicional equivalente a $0,25 \text{ in}^2$ ó $1,61 \text{ cm}^2$.

Refuerzo adicional, es equivalente a colocar 4 núm. 5 + estribo núm. 3 @ 0,30 m.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Diafragma externo

Se establecieron las dimensiones siguientes:

Base 0,30 m y peralte 0,60 m

Según la Norma AASHTO, el refuerzo será equivalente al acero mínimo requerido por la sección, tanto en cama inferior como superior.

$$A_{s \min} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

$$A_{s \min} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 55 * 30 \geq \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 55 * 30$$

$$A_{s \min} = 6,80 \geq 8,28$$

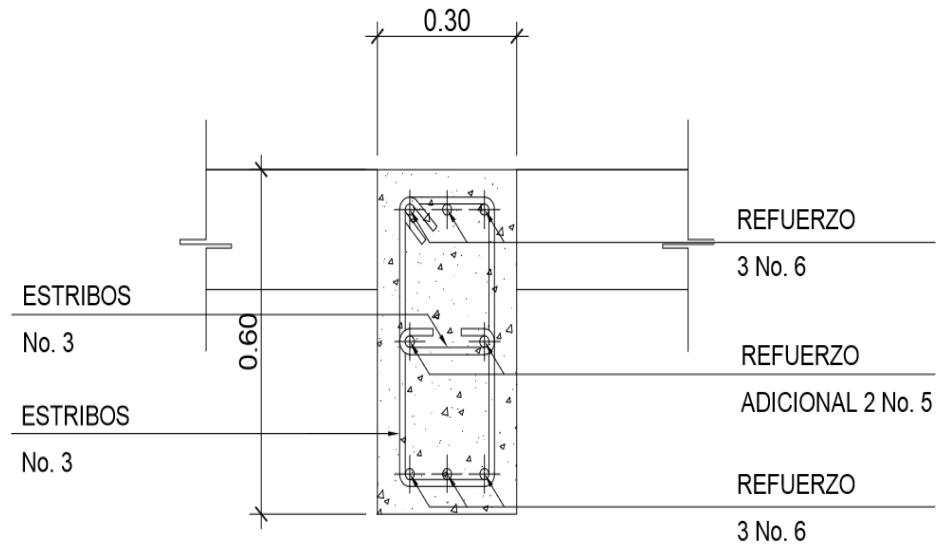
$$A_{s \min} = 8,28 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo núm. 6, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: 3 núm. 6 corridas en ambas caras.

Refuerzo adicional: Por cada pie de alto, se colocará un refuerzo adicional equivalente a 0,25 in² ó 1,61 cm².

Refuerzo adicional, es equivalente a colocar 2 núm. 5 + estribo núm. 3.

Figura 10. **Detalle de armado de diafragma externo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.5.5. **Diseño de viga principal**

Debido al predimensionamiento de viga, se establecieron las dimensiones siguientes:

Base 0,60 m y peralte 1,20 m

- Cálculo del momento por sobrecarga

La fracción de la carga de la rueda que absorbe cada viga es:

$$F_c = \frac{S}{6,00}; \text{ Si } S < 10 \text{ pies.}$$

Como $S = 8,53' < 10'$ $\longrightarrow F_c = \frac{8,53}{6,00} = 1,42$

- Carga por eje

Carga de eje trasero = $P \cdot$ fracción de carga (F_c)

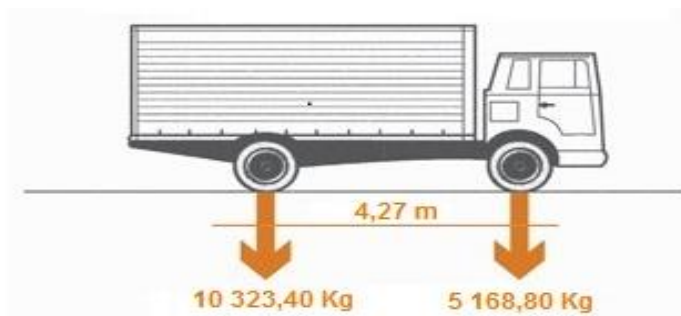
Carga de eje trasero = $7\ 270 \cdot 1,42$

Carga de eje trasero = $10\ 323,40\text{ kg}$

Carga de eje delantero = $3\ 640 \cdot 1,42$

Carga de eje delantero = $5\ 168,80\text{ kg}$

Figura 11. **Carga por eje**

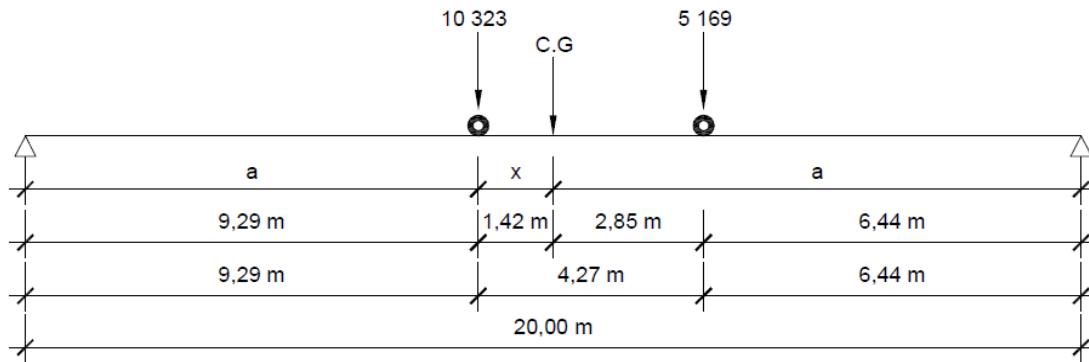


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

X	P	XP
0	10,323	0
4,27	5,169	22,07
	<u>15,492</u>	<u>22,07</u>

$$X = \frac{\sum XP}{\sum P} = \frac{22,07}{15,492} = 1,42$$

Figura 12. Diagrama para encontrar a



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Encontrando a

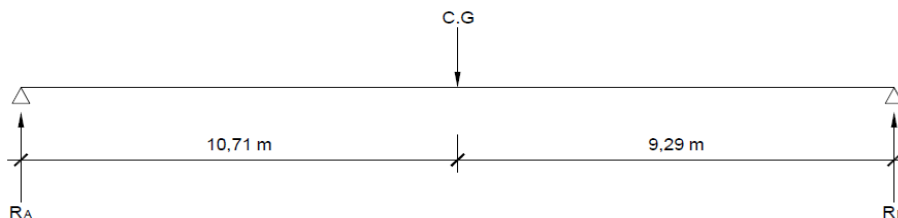
$$2a + X = 20$$

$$a = \frac{20 - 1,42}{2} = 9,29 \text{ m}$$

2.5.6. Diagrama de carga

En la figura 13 se describe el diagrama de carga para reacciones.

Figura 13. Diagrama de carga para reacciones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Encontrando reacciones

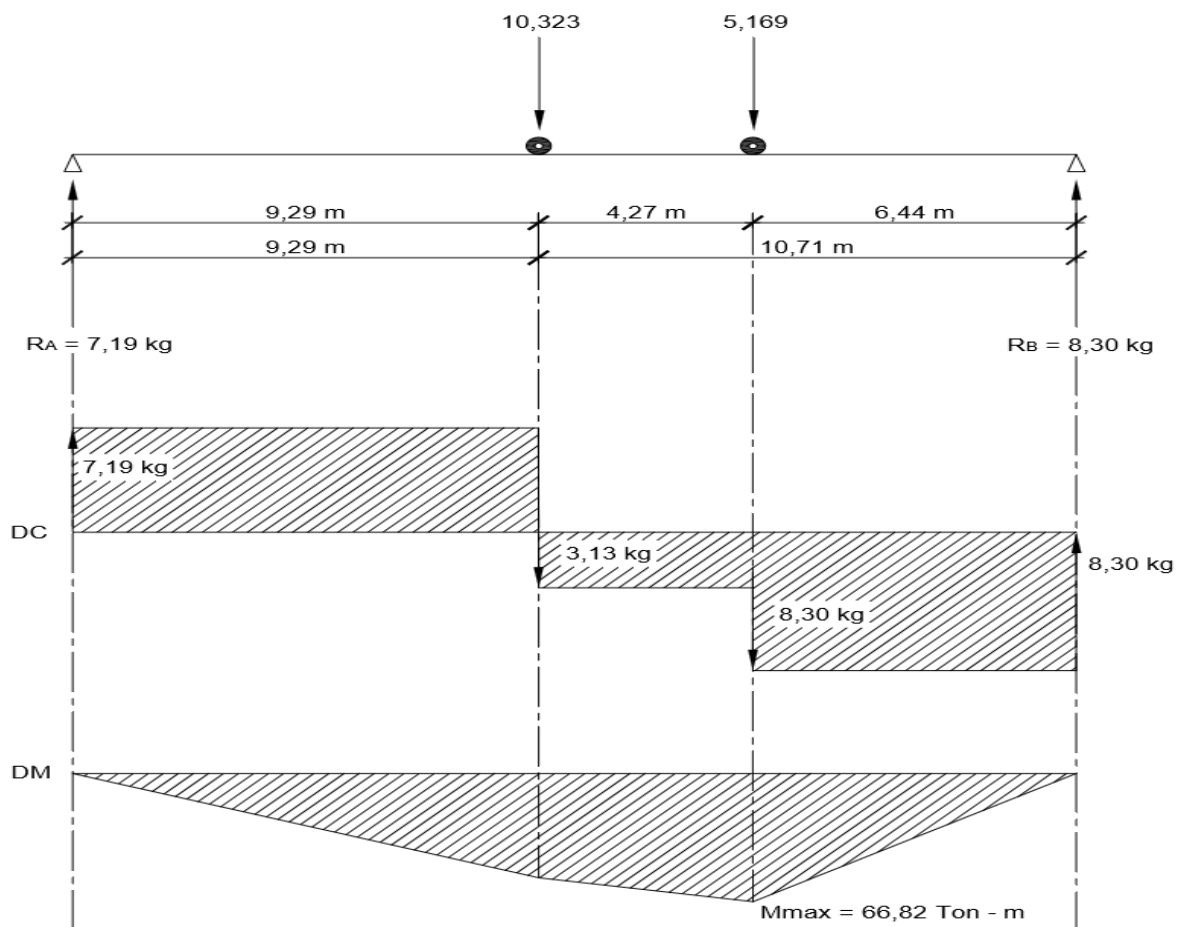
$$\sum Fy = 10,323 \text{ Kg} + 5,169 \text{ Kg} = 15,492 \text{ Kg}$$

$$\sum MA = 0 + \curvearrowleft \longrightarrow 15,492 \text{ Kg} * 10,71 \text{ m} - R_B * 20,00 \text{ m} = 0$$

$$R_B = 8,30 \text{ Kg}$$

$$R_A = 7,19 \text{ Kg}$$

Figura 14. Diagrama de carga para momento máximo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.5.7. Cálculo de momentos

- Encontrando momento máximo

$$M_{\text{máx.}} = (8,30 * 10,71) - (5,169 * 4,27) = 66,8214 \text{ ton.} - \text{m}$$

$$M_{\text{máx.}} = 66\,821,40 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de momento por carga muerta

$$W_{\text{viga}} = 2\,400 * 1,20 * 0,60 = 1\,728,00 \text{ Kg} / \text{m}$$

$$W_{\text{losa}} = 2\,400 * 0,20 * 1,00 = 480,00 \text{ Kg} / \text{m}$$

Se colocan diafragmas a:

$$\frac{L}{3} = \frac{20}{3} = 6,67 \text{ m} = 6,70 \text{ m}$$

$$W_{\text{Diafragma}} = 1\,260,00 \text{ Kg} / \text{m}$$

$$M_{\text{cm}} = \frac{WL^2}{8} + P * a$$

$$M_{\text{cm}} = \frac{(2\,208) (20)^2}{8} + (1\,260 * 6,70)$$

$$M_{\text{cm}} = 118\,842,00 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del factor de impacto

$$I = \frac{15,24}{L + 38} \leq 0,30$$

$$I = \frac{15,24}{20 + 38} = 0,26 \leq 0,30$$

$$I = 0,26$$

- Cálculo de momento total máximo

$$M_{\max} = 1,3 \left(M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} * I * F_D) \right)$$

$$M_{\max} = 1,3 \left(118\ 842 + \frac{5}{3} (66\ 821,40 * 1,26 * 1,30) \right)$$

$$M_{\max} = 342\ 389,70 \text{ kg} - \text{m}$$

2.5.8. Cálculo de refuerzo

Se utilizará la siguiente fórmula para cálculo de refuerzo de diseño:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{(M_u * b)}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 \frac{f'_c}{F'_y}$$

Donde:

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$h = 120 \text{ cm}$$

$$d = 115 \text{ cm}$$

$$M_u = 342\ 389,70 \text{ kg} - \text{m}$$

$$F'_c = 281 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$F_y = 4\ 200 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Lo que da como resultado un $A_s = 88,60 \text{ cm}^2$

Determinando el $A_{s_{\min}}$ y $A_{s_{\max}}$ se verificará si el A_s está en el rango.
 Según norma ACI 318-11 sección 10.5.1 se tiene:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y}bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right)bd$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4200} * 60 * 115 \geq \left(\frac{14,1}{4200}\right) * 60 * 115$$

$$A_{s_{\min}} = 22,03 \geq 23,16$$

$$A_{s_{\min}} = 23,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} bd \quad \text{Donde,} \quad \rho_{\max} = 0,5\rho_b$$

$$\rho_b = \beta_1 * \left(0,85 \frac{f_c}{F_y}\right) * \left[\frac{6120}{(6120 + F_y)}\right]$$

Donde:

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d = 115 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg / cm}^2$$

$$f_c = 281 \text{ kg / cm}^2$$

$$\beta_1 = 0,9$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\left. \begin{array}{l} A_{s_{\min}} = 23,11 \text{ cm}^2 \\ A_s = 88,60 \text{ cm}^2 \\ A_{s_{\max}} = 96,60 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} \quad A_{s_{\max}} > A_s > A_{s_{\min}} \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

Como el área de acero es mayor que el área de acero mínimo, utilizar el A_s para cálculo de refuerzo.

El refuerzo principal de la viga, es el equivalente a colocar 9 varillas núm. 8, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

- Cálculo de refuerzo para la cama superior

Se colocara 33 % del A_{s+} ó A_{smin} , el mayor de los dos.

$$A_s = 33 \% * A_s$$

$$A_s = 0,33 * 88,60 = 29,24 \text{ cm}^2$$

33 % de A_{s+} que es equivalente a colocar 6 varillas núm. 8 corridas (G60)

- Cálculo de refuerzo para la cama inferior en apoyos

Se debe colocar el 50 % del A_{s+} ó A_{smin} , el mayor de los dos.

$$A_s = 50 \% * A_s$$

$$A_s = 0,50 * 88,60 = 44,30 \text{ cm}^2$$

50 % de A_{s+} que es equivalente a colocar 9 varillas núm. 8 corridas (G60) + 8 varillas núm. 8 bastones (G60).

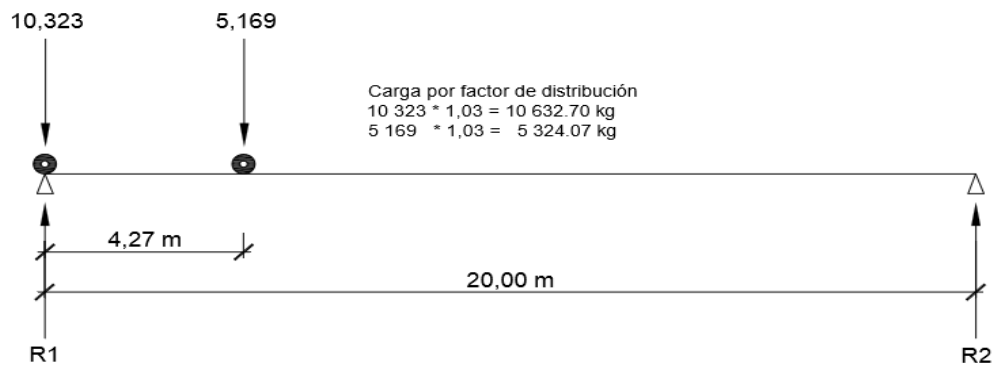
- Refuerzo adicional

Por cada pie de alto se colocará un refuerzo adicional equivalente a $0,25 \text{ in}^2$ ó $1,61 \text{ cm}^2$, en este caso se colocarán varillas núm. 5 en cada cara.

- Cálculo del refuerzo a corte de la viga

Para este análisis se toma el dato de esfuerzo cortante máximo que ocurre cuando la carga mayor del camión se encuentra sobre el apoyo, como se observa en la figura 15.

Figura 15. Diagrama de carga para corte máximo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Para encontrar el cortante máximo ($V_{\text{máx.}}$) se hace sumatoria de momentos en R_2 .

$$\sum M_{R_2} = 0 + \curvearrowright$$

$$R_1 * 20,00 - 10,632,70 * 20,00 - 5,324,07 (20,00 - 4,27) = 0$$

$$20,00 R_1 = 296,401,62$$

$$R_1 = 14,820,08 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0 + \uparrow$$

$$R_1 - P_1 - P_2 + R_2 = 0$$

$$14,820,08 - 10,632,70 - 5,324,07 + R_2 = 0$$

$$R_2 = 1,136,69 \text{ kg}$$

- Cálculo del cortante de carga muerta

El esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{cm} = \left(\frac{W_{cm} * L}{2} \right) + \left(\frac{P}{2} \right)$$

Donde:

W_{cm} = Carga muerta total = 2 208 kg/m

L = Longitud de la viga principal = 20,00 m

P = Carga del diafragma = 1 260 kg

$$V_{cm} = \left(\frac{2\,208 * 20,00}{2} \right) + \left(\frac{1\,260}{2} \right) = 22\,710 \text{ kg}$$

- Cálculo del cortante para viga principal

$$V_u = 1,3 \left(V_{cm} + \frac{5}{3} (V_{cv} * I) \right)$$

Donde:

V_u = Cortante ultimo (kg)

V_{cm} = Cortante por carga muerta (kg)

V_{cv} = Cortante por carga viva (kg)

I = Impacto

$$V_u = 1,3 \left(22\,710 + \frac{5}{3} (14\,820,08 * 1,30) \right)$$

$$V_u = 71\,266,23 \text{ kg}$$

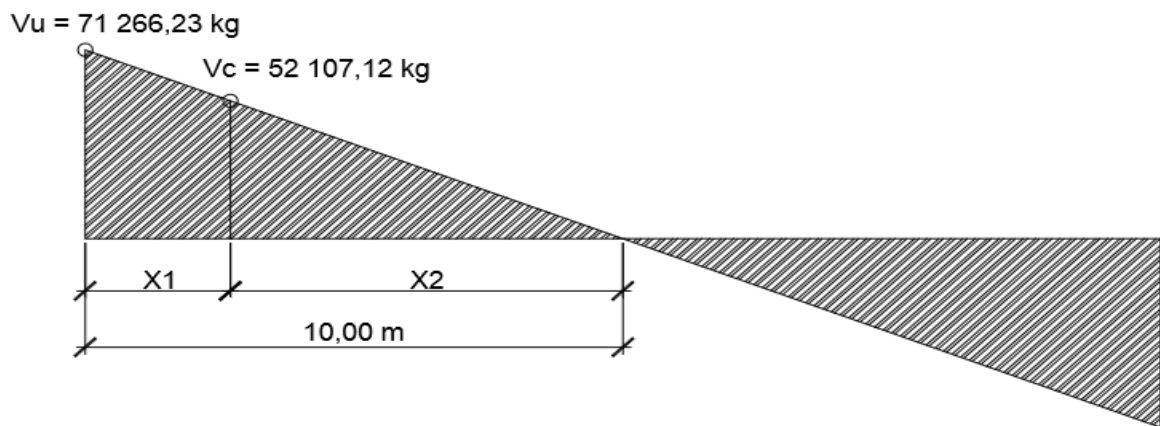
- Corte que resiste el concreto

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 60 * 115$$

$$V_c = 52\,107,12 \text{ kg}$$

Figura 16. **Diagrama para relación de corte en viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Donde:

X_1 = distancia donde se debe reforzar por corte (zona de confinamiento)

X_2 = distancia donde se debe colocar refuerzo mínimo

Relación de triángulos

$$\frac{10,00}{71\ 266,23} = \frac{X_2}{52\ 107,12}$$

$$X_2 = 7,31\text{ m}$$

$$X_1 = 10,00\text{ m} - 7,31\text{ m} = 2,69 \approx 3,00\text{ m (zona de confinamiento)}$$

- Espaciamiento de refuerzo en zona de confinamiento (varilla número 4)

$$S = \frac{2 * A_v * F_y * d}{V_u}$$

$$S = \frac{2 * 1,267 * 4\ 200 * 115}{71\ 266,23} = 17,17 \approx 17,00\text{ cm}$$

Utilizar estribos núm. 4 G 40 @ 0,15 metros.

- Espaciamiento de estribos en zona no confinada

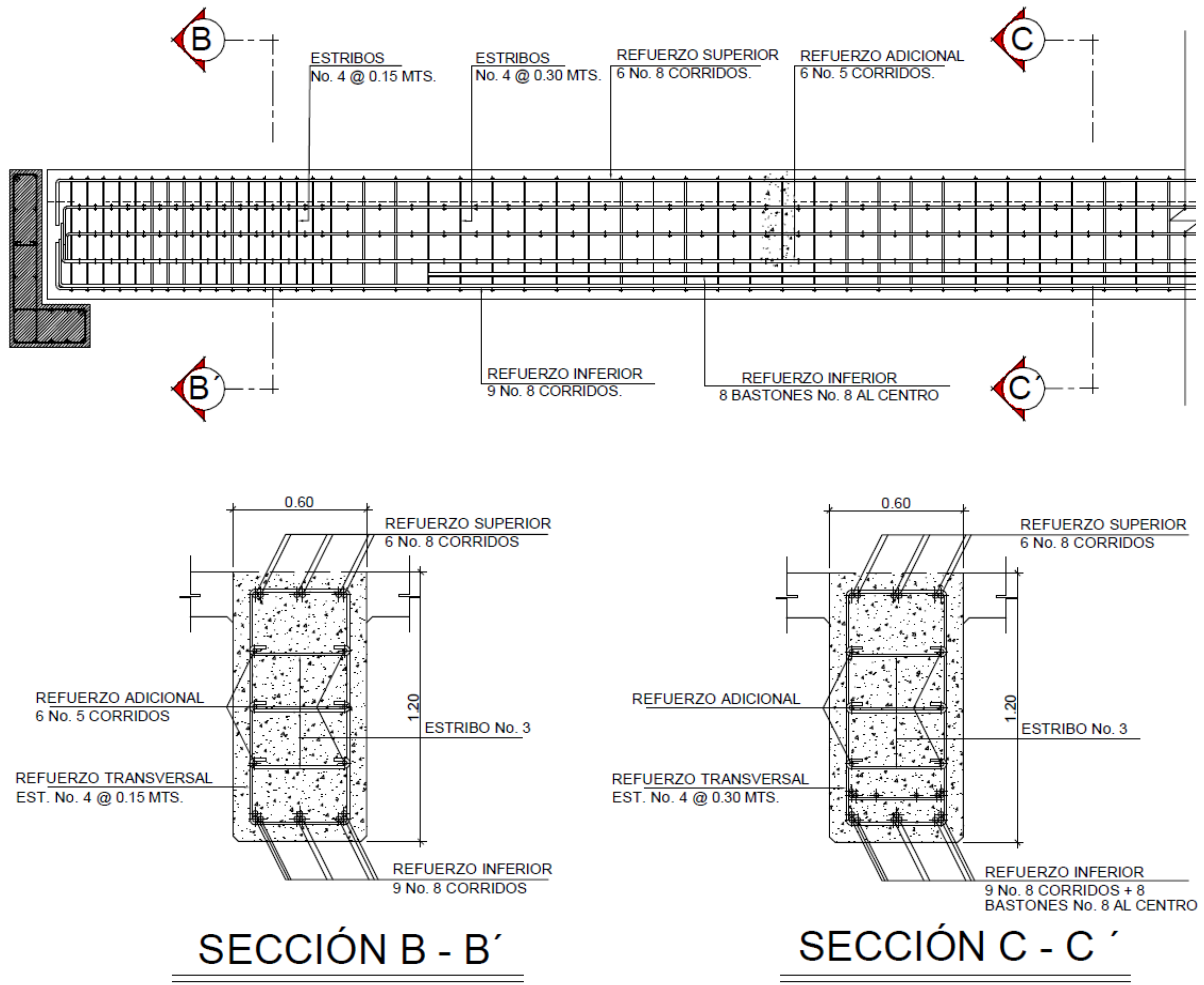
$$S_{\text{Zona no confinada}} = \frac{d}{2} \leq 30\text{ cm máximo}$$

$$S_{\text{Zona no confinada}} = \frac{115}{2} = 57,5 > 30\text{ cm}$$

Se toma la separación de 30 centímetros en la zona no confinada

Utilizar estribo núm. 4 G 40 @ 0,30 metros.

Figura 17. Detalle de armado de viga principal



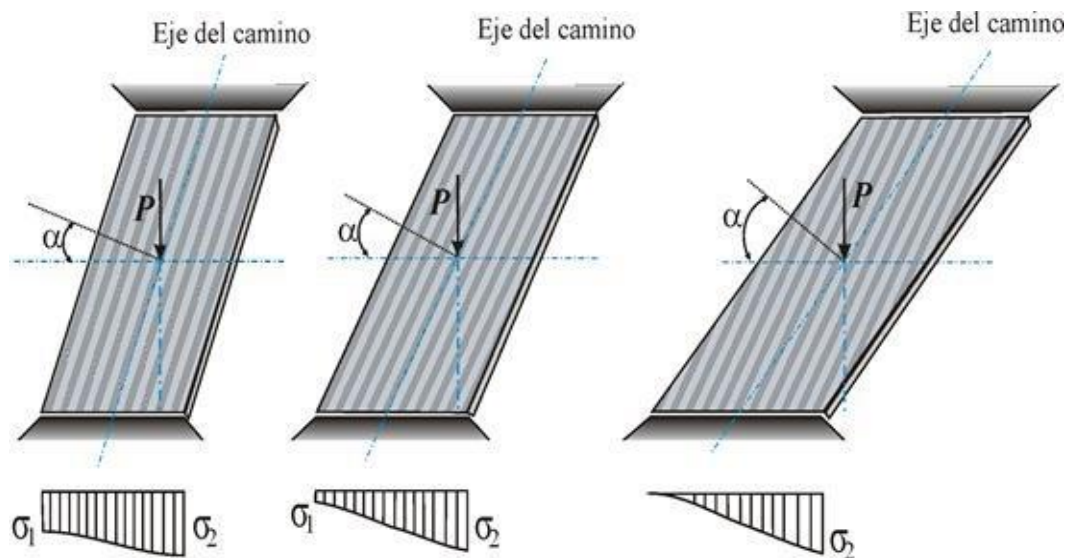
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.5.9. Puente sesgado (esviado)

Se dice que el tablero de un puente tiene esviaje o que está construido en esviaje, cuando la forma en planta del tablero no es rectangular. Esto quiere decir que la horizontal de los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90 grados, con el eje longitudinal del tablero.

En la mayor parte de los casos modernos los puentes son esviados, no presentando mayores problemas ni inconvenientes si están compuestos por vigas, en cambio cuando se trata de losas simplemente apoyadas los esfuerzos que en ellas se presentan difieren de los de las losas rectas, aumentando esta diferencia con el ángulo de esviaje. Los tableros con planta curva también tienen las mismas dificultades, las cuales aumentan mientras menor sea el radio de curvatura y mayor la longitud de los tramos. Se puede observar entonces que los planos de esfuerzo máximo no son paralelos al eje del camino con lo que la deformación de la losa esviada tenderá a la de una superficie alabeada. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la variación de reacciones en función de los diversos ángulos de esviaje.

Figura 18. **Esquemas de diversos ángulos de esviaje**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

En conclusión el puente tiene un esviaje de 12 grados y está compuesto de 2 vigas principales las cuales ayudan al alabeo (torsión) de la losa. por lo

regular si el ángulo de esviaje es pequeño (menor de 20 grados), a pesar que las vigas de sujeción (diafragmas) también son esviadas, son muy pequeños los esfuerzos de torsión, la torsión siempre va a existir, por compatibilidad de deformaciones (tenga o no esviaje el puente), la rigidez a torsión es tan pequeña, que apenas aparece un momento torsor, la viga gira ligeramente y transmite la carga a las vigas adyacentes, por lo que no es necesario calcular el esviaje del puente vehicular. Lo anterior es válido para puentes de vigas y losas.

2.6. Diseño de la subestructura

La subestructura de un puente son los elementos que soportan las cargas del tráfico vehicular y del peso propio de la superestructura y lo transmiten al suelo, siendo en este caso, para un puente de hormigón: cortina, viga de apoyo y los estribos.

2.6.1. Diseño de cortina y viga de apoyo

Su función es parecida al de un muro de contención y básicamente soporta el relleno del abanico del puente en sentido longitudinal; se considera empotrada en la viga de apoyo y el alto depende del peralte de la viga principal del puente.

- Predimensionamiento de cortina

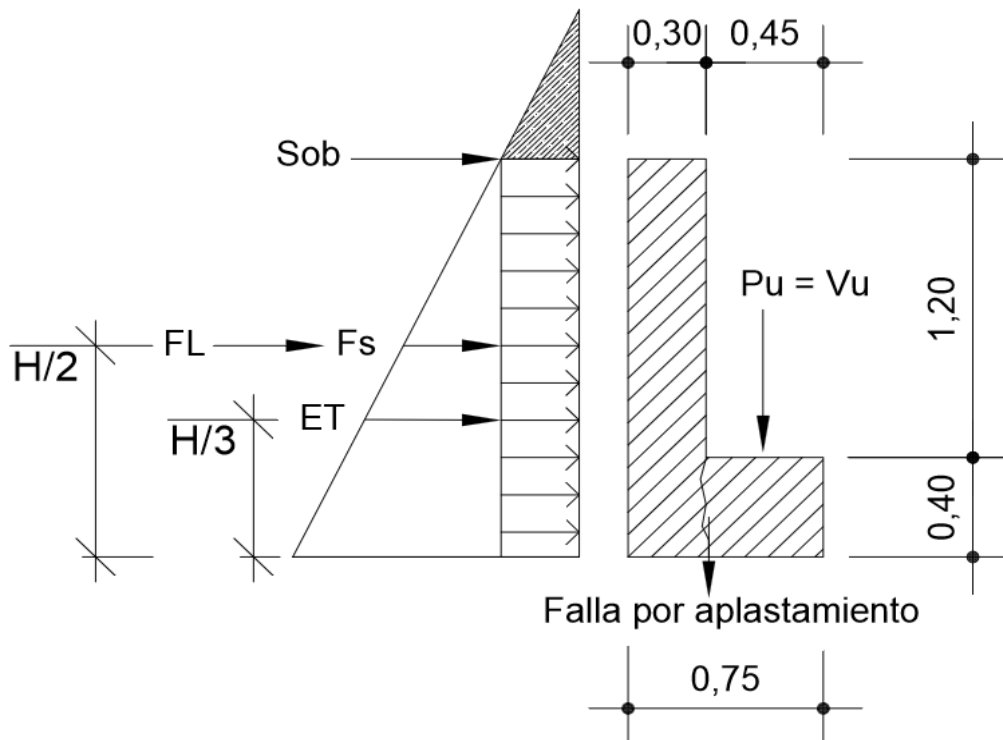
La cortina se diseña a flexión y corte. Sobre esta actúan fuerzas de empuje de tierra (E), fuerzas de sismo (S), fuerza longitudinal (FL), la cortina debe diseñarse para tener un equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de 480 kilogramos por metro cubico, según especificaciones AASTHO 1.1.19.

$$b_{\text{cortina}} = 0,30 \text{ m mínimo}$$

$$H_{\text{cortina}} = H_{\text{viga principal}} = 1,20 \text{ m}$$

Para el diseño se necesita tomar en cuenta las reacciones de los extremos de las vigas y las presiones laterales siguiente:

Figura 19. Geometría de la cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Para calcular el momento de diseño se utilizan los siguientes grupos de cargas. Según la Norma AASHTO 1.2.22:

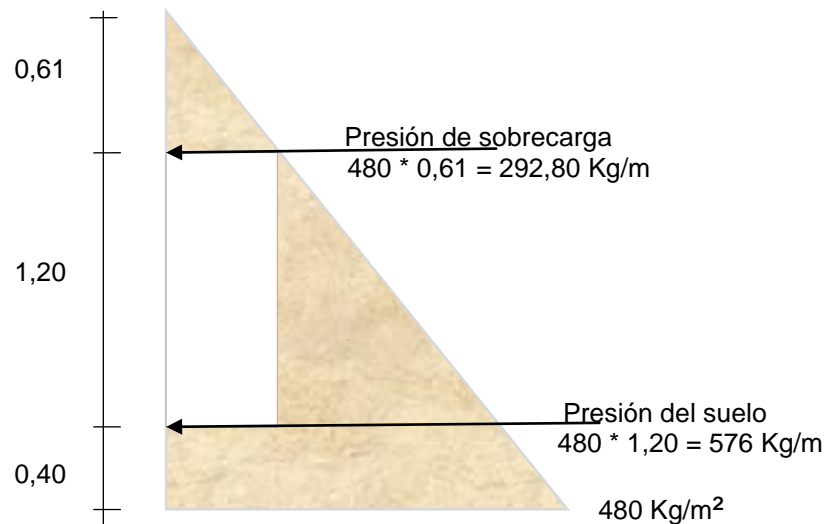
Grupo I:	esfuerzo 100 %	$M = E * b$
Grupo III:	esfuerzo 125 %	$M = E * b + FL * b$
Grupo VII:	esfuerzo 133 %	$M = E * b + Fs * b$

Según la AASHTO 3.22.1, cuando existe sismo se debe comparar las ecuaciones del grupo III y grupo VII, para aplicar la más crítica.

- Empuje de tierra (E)

Según AASHTO, se debe aplicar una sobrecarga de suelo del equivalente líquido de 480 kg/m^3 actuando a 2 pies (0,61 m) sobre la superficie de rodadura.

Figura 20. **Diagrama de presiones**



Fuente: elaboración propia.

$$E = (292,80 * 1,20) + (576 * (1,20/2))$$

$$E = 696,96 \text{ Kg / m de ancho}$$

- Fuerza longitudinal (FL)

Según la Norma AASHTO 1.2.13, FL será el 5 % de la carga viva y su centro de gravedad se supone a 1,8 metros sobre la rodadura. El punto de aplicación se localiza en una distancia igual a la altura de la cortina.

$$CV = 0,05 * P$$

$$CV = 0,05 * 15\ 000 = 750 \text{ Kg}$$

$$FL = \frac{750 \text{ Kg}}{1,8 \text{ m}} = 417 \text{ Kg / m de ancho}$$

$$\text{Brazo de FL} = 1,20 \text{ m}$$

- Fuerza de sismo (Fs)

El cálculo se realizará con las ecuaciones de acuerdo con el artículo A11.1 de AASHTO LRFD 2010. El valor de coeficiente sísmico de aceleración horizontal se obtiene de las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala. AGIES NSE 2-10.

Para obtener la aceleración máxima del suelo (A) se toman en cuenta las siguientes características de la tabla I:

Tabla I. **Cálculo de la aceleración máxima según AGIES/NSE 3-10 y coeficiente sísmico**

AGIES/NSE 3-10		CORTE BASAL AL LÍMITE DE CEDENCIA		
Información general		Referencia		
Municipio	San Pedro Sacatepéquez			
Departamento	San Marcos			
Categoría	III Obras Importantes		NSE 1 pág. 7	
Parámetros de diseño				
Índice de Sismicidad lo	4		NSE 2 Figura 4-1	
Scr (g)	1,65		NSE 2 Anexo A pág.. 55	
S1r (g)	0,6		NSE 2 Anexo A pág.. 55	
Clase de Obra	D		NSE 2 tabla 4-1	
Tipo de fuente sísmica	B		NSE 2 Tabla 4-5	
Clase de sitio	D		NSE 2 Tabla 4-4	
Fa	1		NSE 2 Tabla 4-2	
Fv	1,5		NSE 2 Tabla 4-3	
Scs = Scr X Fa	1,65			
S1s = Sir X Fv	0,9			
Intensidades Sísmicas Especiales				
Na	Distancia ≥ 10 Km	1		NSE 2 Tabla 4-6
Nv	Distancia = 10 Km	1		NSE 2 Tabla 4-7
Scs = Scr X Fa X Na	1,65			
S1s = Sir X Fv X Nv	0,9			
Nivel mínimo de protección sísmica				
Probabilidad de exceder				
sismo de diseño en 50 años		5%		NSE 2 Tabla 4-1
Factor de escala Kd				
Sismo	Sismo Ordinario		0,8 NSE 2 4.3.4.1	
Espectro calibrado a nivel de diseño requerido				
Scd = Kd X Scs	1,3200			
S1d = Kd X S1s	0,7200			
Aceleración máxima del suelo				
AMSd = 0,40 X Scd	0,5280			
Componente vertical sismo de diseño				
Svd = 0,15 X Scd	0,198			
Periodo Ta	Dirección X	0,0954	segundos	Ta=Kt(hn)^x
Periodo Ta	Dirección Y	0,0954	segundos	2.1.4
Periodo de transición Ts= S1d/Scd	0,5455		segundos	
Ordenadas Espectrales				
Sa (T) = Scd si T ≤ Ts	1,3200		Aplica	
Sa (T) = S1d/T si T > Ts	7,5469		No aplica	
Método de carga estática equivalente				
Factor de reducción de respuesta sísmica (R)	8		NSE 3 tabla 1-1	
Coeficiente sísmico al límite de cedencia				
Cs = Sa(T)/R	0,16500			
Cs ≥ 0,044 Scd	0,05808			
Cs ≥ 0,75KdS1r / R	0,04500			
Ws	8,072		Toneladas	
vb = CsWs	1,33		Toneladas	

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto la aceleración máxima del suelo A : 0.5280

La fuerza de sismo estará aplicada a una altura de $H/2$ según la Norma AASHTO LRFD 2010 A.11.11.1.1.

El coeficiente de presión activa sísmica del terreno es:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

Donde:

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = 0°

β = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

ϕ = ángulo de fricción interna del relleno = 30°

K_{AE} = coeficiente de presión activa sísmica del terreno

i = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

H = altura = 1,60 m

γ_t = peso unitario del suelo = 1 600 kg/m³

A = coeficiente sísmico de aceleración horizontal = 0,5280

K_h = coeficiente de aceleración horizontal = $0,5^a = 0,5 \times 0,5280 = 0,264$

K_v = coeficiente de aceleración vertical = 0

K_a = coeficiente de empuje activo = 0,296 (para esto es necesario hacer las siguientes operaciones.)

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\theta - \delta)\text{sen}(\theta + \beta)}} \right]^2$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\theta + \emptyset)}{\Gamma[\text{sen}^2\theta\text{sen}(\theta - \delta)]}$$

Donde:

θ = ángulo de fricción interna del relleno = 30 °

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = 25 °

β = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

\emptyset = ángulo de inclinación del muro del lado del terreno = 90 °

K_a = coeficiente de empuje activo

i = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

Tabla II. **Ángulo de fricción entre diferentes materiales**

Materiales en interfase	Ángulo de fricción, δ (°)	Coefficiente de fricción, $\tan \delta$
Hormigón masivo sobre los siguientes materiales de fundación:		
• Roca sana y limpia	35	0,70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0,55 a 0,60
• Arena limpia fina a media, arena limosa media a gruesa, grave limosa o arcillosa	24 a 29	0,45 a 0,55
• Arena fina limpia, arena limosa o arcillosa fina a media	19 a 24	0,34 a 0,45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0,31 a 0,34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0,40 a 0,49
• Arcilla de rigidez media y rígida; arcilla limosa	17 a 19	0,31 a 0,34
Sobre estos materiales de fundación la mampostería tiene los mismos factores de fricción.		

Fuente: U.S. Department of the Navy.

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(90^\circ+25)\text{sen}(90^\circ-0)}{\text{sen}(30^\circ-25^\circ)\text{sen}(30^\circ+0)}} \right]^2 = 2,796$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(30^\circ+90^\circ)}{\Gamma[\text{sen}^2 30^\circ * \text{sen}(30^\circ - 25^\circ)]} = 0,296$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,264}{1 - 0}\right) = 14,79^\circ$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(30 - 14,79^\circ)}{\cos 14,79^\circ * \cos^2 0 * \cos(14,79^\circ) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(30)\text{sen}(30^\circ)}{\cos(14,79^\circ)\cos(0)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 0.469$$

La fuerza de acción sísmica es:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 (K_{AE} - K_a)$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} * 1,600 * 1,60^2 (0.469 - 0.296) = 354,30 \text{ kg}$$

- Grupos de cargas

Grupo I: esfuerzo 100 %

$$M = E * b = E1 * b1 + E2 * b2$$

$$M = \left(351,36 * \frac{1,20}{2} \right) + \left(345,60 * 1,00 * \frac{1,20}{3} \right)$$

$$M = 349,06 \text{ Kg-m}$$

Grupo III: esfuerzo 125 %

$$M = E * b + FL * b$$

$$E * b = 349,06 \text{ Kg-m}$$

$$FL * b = 417 * 1,20 = 500,40 \text{ kg - m}$$

$$M = 1,3 (E + FL) = 1,3 (349,06 + 500,40)$$

$$M = 1 104,30 \text{ Kg - m}$$

Grupo VII: esfuerzo 133 %

$$M = E * b + Fs * b$$

$$M = 1,3(349,06 + 354,30 * 0,60)$$

$$M = 730,13 \text{ Kg - m}$$

El máximo momento de diseño le corresponde al grupo III, cuyo valor es:

$$M_{\text{máx diseño}} = 1 104,30 \text{ Kg - m.}$$

2.6.2. Cálculo de refuerzo

Se utilizará la siguiente fórmula para cálculo de refuerzo de diseño:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{(M_u * b)}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 \frac{f'c}{F'y}$$

Donde:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 115 \text{ cm}$$

$$M_u = 1\,104,30 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$F_c = 281 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$F_y = 4\,200 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Se obtiene: $A_s = 0,25 \text{ cm}^2$,

Determinando el $A_{s\text{mín}}$ se verificará si el A_s está en el rango. Según norma ACI 318-11 sección 10.5.1 se tiene:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y}bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y}\right)bd$$

$$A_{s\text{mín}} = (0,8 \sqrt{281} / 4\,200) * 30 * 115 \geq (14,1 / 4\,200) * 30 * 115$$

$$A_{s\text{mín}} = 11,02 \geq 11,58$$

$$A_{s\text{mín}} = 11,58 \text{ cm}^2$$

Como el A_s es menor que el $A_{s\text{mín}}$. entonces, utilizar:

$$A_{s\text{mín}} = 11,58 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado: utilizar 4 varillas núm. 5 + 4 varillas núm. 4

- Refuerzo por corte

Grupo III

$$V = 1,3 (E + FL)$$

$$V = 1,3 (696,96 + 417)$$

$$V = 1\ 448,15 \text{ Kg}$$

Grupo VII

$$V = 1,3 (E + Fs)$$

$$V = 1,3(696,96 + 354,30)$$

$$V = 1\ 366,64 \text{ Kg}$$

El máximo corte le corresponde al grupo III, cuyo valor es:

$$V_{\text{máx}} = 1\ 448,15 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 30 * 115$$

$$V_{rc} = 26\ 053,56 \text{ Kg}$$

Como $V_{rc} > V_{\text{max}}$, el concreto resiste

Por criterio utilizar varilla núm. 3 @ 20 cm

- Viga de apoyo

Este elemento estructural irá apoyada a todo lo largo del estribo y se diseña únicamente por aplastamiento. La viga de apoyo no se ve sometida a esfuerzos de flexión, por lo que el refuerzo longitudinal se calcula con el refuerzo mínimo.

- Predimensionamiento de la viga de apoyo

La viga de apoyo deberá tener una altura igual o mayor que 0,40 metros. Se chequeará por aplastamiento y se deberá colocar refuerzo por corte, refuerzo mínimo y espaciamiento máximo.

$$b_{\text{mínima}} = 2 \text{ cm por cada metro de luz libre del puente o } 0,40 \text{ metros mínimo}$$

$$b_{\text{mínima}} = 0,02 * 20,00 = 0,40 \geq 0,40 \text{ m; se propone utilizar } 0,45 \text{ metros}$$

$$b_{\text{total}} = b_{\text{mínima}} + b_{\text{cortina}}$$

$$b_{\text{total}} = 0,45 + 0,30 = 0,75 \text{ m}$$

$$H_{\text{mínima}} = 0,40 \text{ m}$$

Para calcular el área de acero mínimo $A_{s_{\text{mín}}}$ según norma ACI 318-11 sección 10.5.1 se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{0,8\sqrt{f_c}}{f_y} bd \geq \left(\frac{14,1}{f_y} \right) bd$$

Datos:

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4200} * 45 * 40 \geq \left(\frac{14,1}{4200} \right) * 45 * 40$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 5,75 \geq 6,04$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 6,04 \text{ cm}^2$$

Se propone utilizar 3 varillas núm. 6 G60 en cada cama de la viga de apoyo y estribo núm. 3 @ 0,12 m.

- Carga muerta

$$W_{Losa} = 2\,400 * 2 * 0,20 * 10 = 9\,600 \text{ Kg}$$

$$W_{Banqueta} = 2\,400 * 0,60 * 0,20 * 10 = 2\,880 \text{ Kg}$$

$$W_{Poste} = 2\,400 * 0,20 * 0,20 * 10 = 960 \text{ Kg}$$

$$W_{Viga} = 2\,400 * 0,60 * 1,20 * 10 = 17\,280 \text{ Kg}$$

$$W_{Barandal} = = 10 \text{ Kg}$$

$$W_{Diafragma \text{ Interno}} = (2400 * 1 * 0,30 * 0,90) / 2 = 324 \text{ Kg}$$

$$W_{Diafragma \text{ Externo}} = (2400 * 1 * 0,30 * 0,60) = 432 \text{ Kg}$$

$$W_{cm} = 31\,486 \text{ Kg}$$

- Carga viva

$$\text{Sobrecarga} = 10\,323,40 \text{ Kg}$$

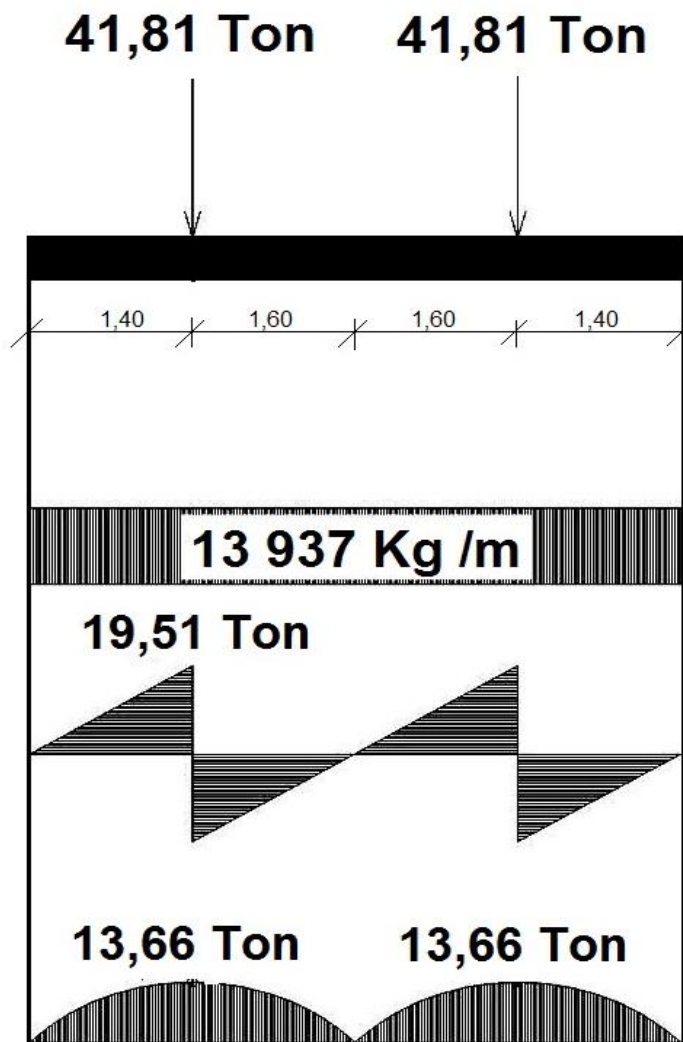
$$W_{cv} = 10\,323,40 \text{ Kg}$$

- Carga total (P1)

$$P1 = W_{cv} + W_{cm}$$

$$P1 = 10\,323,40 + 31\,486 = 41\,809,40 \text{ kg}$$

Figura 21. Diagrama de localización de cargas de corte y momento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Cálculo por corte

Como se observa en el diagrama de la viga de apoyo, el valor del corte es de $V_u = 19\ 511,06$ kg; y el corte que resiste el concreto es:

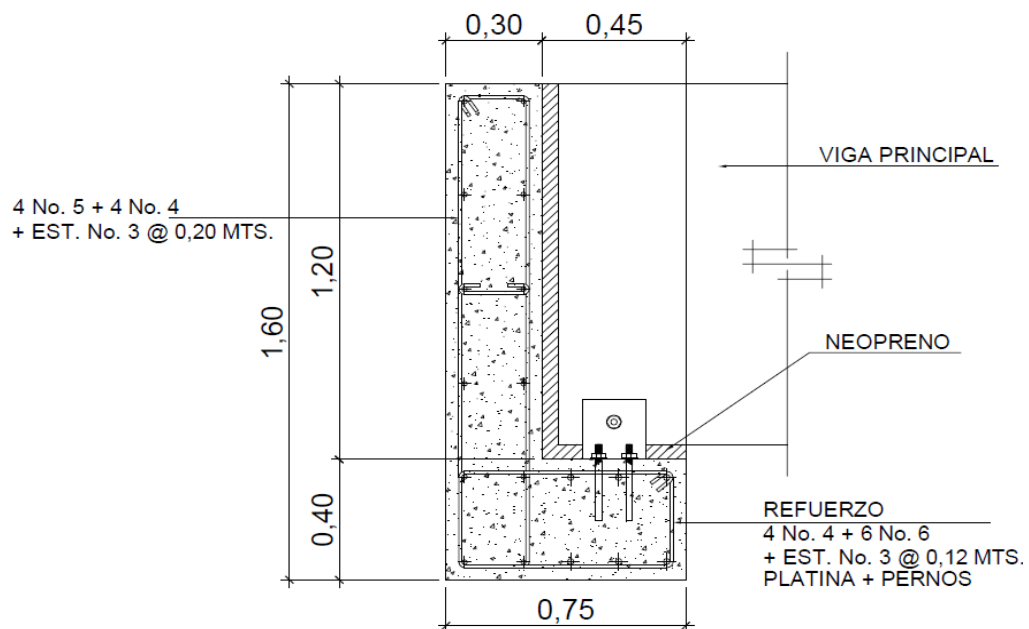
- Resistencia del concreto a corte

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 75 * 36,5$$

$$V_c = 20\ 664,38\ \text{Kg}$$

Como $V_c > V_u$, el concreto resiste, colocar estribo núm. 3 @ 12 cm.

Figura 22. **Detalle de armado de cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

2.6.2.1. Diseño de neopreno

Se diseñarán planchas de neopreno para transmitir las cargas de las vigas principales sobre la viga de apoyo. El neopreno para cargas de compresión permite absorber las irregularidades de las superficies de contacto y para cargas horizontales se deforma rápidamente desde el comienzo del movimiento de las vigas, Los apoyos del puente serán de neopreno de dureza Shore 60.

- Cálculo de las cargas gravitatorias del tablero (Q):

$$Q = P_g + P_q$$

Donde:

P_g = peso propio de superestructura (Kg)

P_q = peso total del camión de diseño (Kg)

$$P_g = 257\,918 \text{ Kg}$$

$$P_q = 18\,144 \text{ Kg}$$

$$Q = 257\,918 + 18\,144 = 276\,062 \text{ Kg}$$

- Cálculo de las reacciones de las vigas (V):

$$V = \frac{Q_v}{n_v * 2}$$

Donde:

Q_v = reacción en viga (Kg)

n_v = número de vigas = 2

$$V = \frac{276\,062}{2 * 2} = 69\,015,50 \text{ Kg}$$

- Dimensionando la base del neopreno (B):

B_{max} = ancho de viga – 2 cm

$$B_{max} = 60 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 58 \text{ cm}$$

Se propone una base de 60 cm.

- Proponer el ancho del neopreno (w):

$$W = 15 \text{ cm o } w < B$$

$$W = 15 \text{ cm o } w < 60 \text{ cm}$$

Se utilizará un ancho (w) = 35 cm

Espesor del neopreno (t):

$$1 \text{ cm} \leq t \leq \frac{W}{5}$$

$$1 \text{ cm} \leq t \leq \frac{35 \text{ cm}}{5}$$

$$1 \text{ cm} \leq t \leq 7 \text{ cm}$$

Se utilizará un espesor (t) = 5 cm, dividido en 2 planchas de neopreno de 2,35 cm cada una y una plancha de acero A36 colocada entre las dos planchas.

- Cálculo de la tensión de compresión del neopreno (σ):

$$\sigma = \frac{V}{w * B}$$

$$\sigma = \frac{69\,015,50 \text{ Kg}}{35 \text{ cm} * 60 \text{ cm}} = 32,86 \text{ Kg / cm}$$

- Cálculo del corrimiento máximo por temperatura (ΔL_1):

$$\Delta L_1 = \frac{L}{2} * \alpha * \Delta t$$

Donde:

L = luz de cálculo (m) = 20,00 m

α = coeficiente de dilatación del hormigón (cm/m) = 2×10^{-3}

Δt = cambio de temperatura (°C) = 33 °C

$$\Delta L_1 = \frac{20 \text{ m}}{2} * 2 \times 10^{-3} * 33 \text{ °C} = 0,66 \text{ m}$$

- Cálculo del corrimiento máximo por fuerzas de frenado (ΔL_2):

Fuerza núm. 1: (Fuerza de frenado por acciones mecánicas Kg)

$F_1 = 0,15 * \text{peso total del camión de diseño vehículo} * \text{número de carriles}$

$$F_1 = 0,15 * 18\ 144 \text{ Kg} * 1 = 2121,60 \text{ Kg}$$

Fuerza núm. 2: (Fuerza de frenado por acciones no mecánicas Kg)

$$F_2 = \left(\frac{1}{25} \right) * \text{carga peatonal} * \text{área de calzada}$$

$$F_2 = \left(\frac{1}{25} \right) * 367 \text{ Kg} / \text{m}^2 * (20 \text{ m} * 4,80 \text{ m}) = 1\ 409,60 \text{ Kg}$$

Fuerza total:

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 2\,121,60 \text{ Kg} + 1\,409,60 \text{ Kg} = 3\,516,20 \text{ Kg}$$

- Calculando el corrimiento (ΔL_2):

$$\Delta L_2 = \frac{F * t}{G_o * B * w}$$

Donde:

F = fuerza total

B = base del neopreno

w = ancho del neopreno

t = espesor del neopreno

Go = dureza del neopreno (Kg / cm²) = 11 Kg / cm²

$$\Delta L_2 = \frac{3\,516,20 \text{ kg} * 2,35 \text{ cm}}{11 \text{ kg} / \text{cm}^2 * 60 \text{ cm} * 35 \text{ cm}} = 0,35 \text{ cm}$$

- Cálculo del corrimiento máximo total (ΔL):

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

$$\Delta L = 0,66 \text{ cm} + 0,35 \text{ cm} = 1,01 \text{ cm}$$

Verificar que:

$$\Delta L \leq 0,5 \text{ t}$$

$$1,01 \text{ cm} \leq 0,5 * 5 \text{ cm}$$

$$1,01 \text{ cm} \leq 2,25 \text{ cm (si cumple)}$$

Deformación del espesor: la deformación del espesor del neopreno depende de la dureza del material, la carga unitaria y del factor de forma.

- Cálculo del factor de forma (T):

$$T = \frac{w * B}{2(w + B)t}$$

Donde:

T = factor de forma del neopreno

w = ancho del neopreno

B = base del neopreno

t = espesor del neopreno

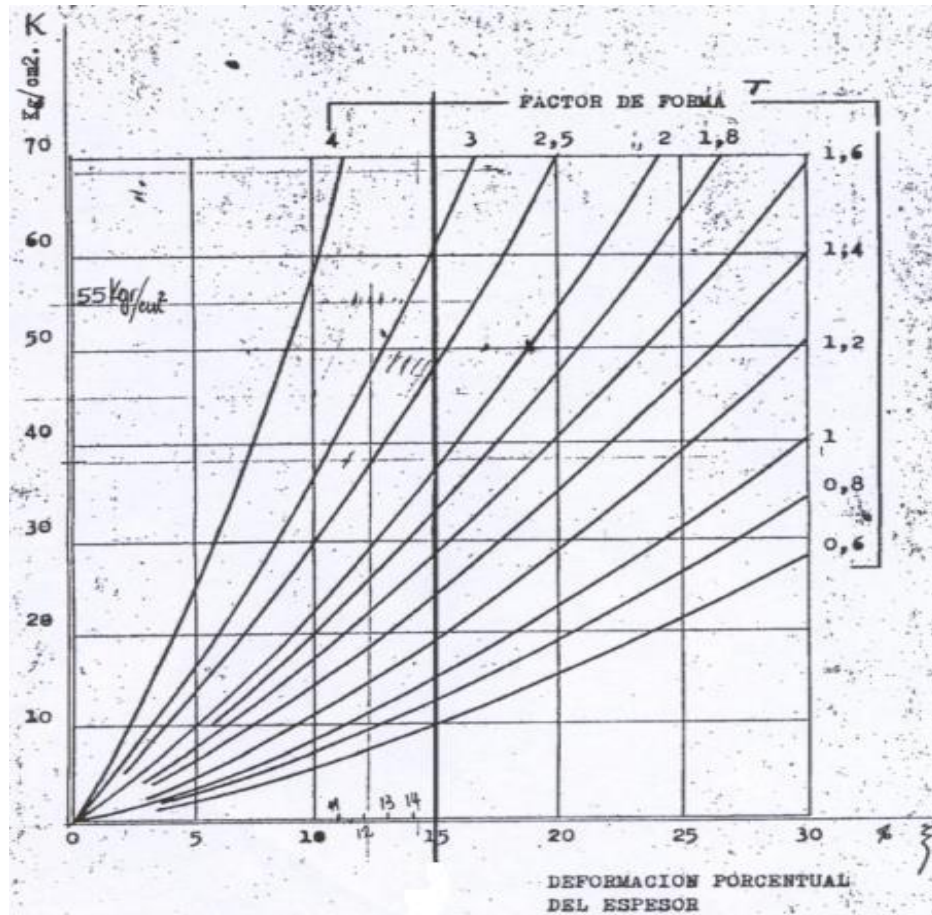
$$T = \frac{35 \text{ cm} * 60 \text{ cm}}{2(35 \text{ cm} + 60 \text{ cm})2,35 \text{ cm}} = 4,70 \text{ cm}$$

- Calculando la carga unitaria (K):

$$K = \frac{V}{w * B}$$

$$K = \frac{60015,5 \text{ Kg}}{35 \text{ cm} * 60 \text{ cm}} = 28,57 \text{ Kg / cm}^2$$

Figura 23. Relación entre presión específica y deformación, shore 60



Fuente: HERRERA, Jerónimo. *Puentes*. p. 131

Ahora se verifica que cumpla con la condición:

$$\Delta t \leq 0,15t$$

Donde:

t = espesor del neopreno

Δ = deformación del espesor: 4 % (de la relación K vrs T)

$$0,04 t \leq 0,15 * t \text{ cm}$$

$$0,04 * 2,35 \leq 0,15 * 2,35 \text{ cm}$$

$$0,094 t \leq 0,3525 \text{ cm (si cumple)}$$

Cálculo del corrimiento admisible sin deslizamiento (δ) que soporta el apoyo:

$$\delta = 0,2 * \frac{P_g * t}{B * w} * \frac{X}{G_o}$$

Donde X = 1,09 es un factor que depende de la temperatura mínima.

$$\delta = 0,2 * \frac{257918 \text{ Kg} * 2,35 \text{ cm}}{60 \text{ cm} * 35 \text{ cm}} * \frac{1,09}{11 \text{ kg} / \text{cm}^2} = 5,70$$

Verificando que $\delta > \Delta L$

$$5,70 > 1,01 \text{ (si cumple)}$$

Se concluye así que el neopreno de dureza 60° Shore, con 60 cm de base, ancho de 35 cm y un espesor dividido en 2 planchas de neopreno de 2,35 cm y una plancha de acero de 3 mm colocado en medio, cumple con todos los requerimientos.

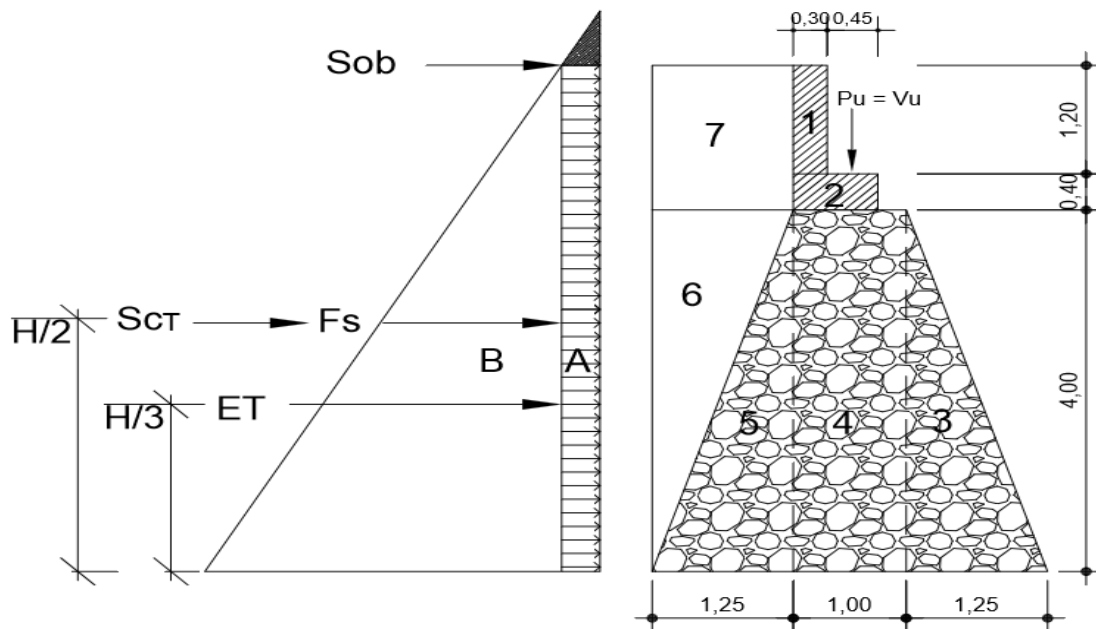
2.6.3. Diseño de estribo

El estribo a diseñar será de concreto ciclópeo, obteniendo con esto la ventaja que su diseño es más simple, ya que consiste en asumir su sección y luego verificar tres condiciones: deslizamiento, volteo y presiones.

2.6.3.1. Geometría y diagrama de presiones

En la figura 24 se describe el diagrama y geometría del estribo.

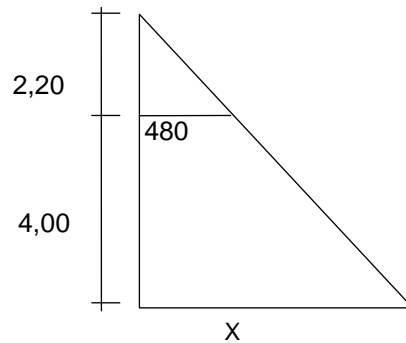
Figura 24. Diagrama y geometría del estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Para el cálculo de la presión en la cota de cimentación se utiliza una relación de triángulos.

Figura 25. **Relación de triángulos para obtener la cota de cimentación**



$$x = E_{\text{Ctciment}} = \frac{480 * 6,20}{2,20} = 1\ 352,73 \text{ Kg}$$

Fuente: elaboración propia.

2.6.3.2. Cálculo de momento de volteo

El momento de volteo es producto del empuje de la tierra sobre el estribo y se determina analizando cada sección, de la siguiente manera:

Sección I:

$$\text{Empuje} = 292,8 * 5,60 = 1\ 639,68 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = 5,60 / 2 = 2,80 \text{ m}$$

$$M_I = E * \text{BP}, \text{ entonces, } M_I = 1\ 639,68 * 2,80 = 4\ 591,10 \text{ Kg} - \text{m}$$

Sección II:

$$E = 2\ 688 * 2,80 = 7\ 526,40 \text{ Kg}$$

$$\text{B.P.} = 1/3 (5,60) = 1,866 \text{ m}$$

$$M_{II} = 14\,044,26 \text{ Kg} - \text{m}$$

Tomando los valores del empuje y el momento de volteo como $E = 9\,166 \text{ Kg}$ y $MV = 18\,635,36 \text{ Kg} - \text{m}$, respectivamente.

Tabla III. **Cálculo de momento de volteo**

Sección	Altura	Presión	Empuje (kg)	B.P (m)	Momento (kg-m)
A	5,60	292,80	1 639,68	2,80	4 591,10
B	2,80	2 688,00	7 526,40	1,866	14 044,26
Sumatorias		$\Sigma E =$	9 166,08	$\Sigma MV =$	18 635,36

Fuente: elaboración propia.

2.6.3.3. **Cálculo de momento estabilizante**

Es producido por el peso de la estructura y el relleno; por ejemplo, para la sección I se tiene:

$$\text{Área} = 0,3 * 1 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso} = 0,36 * 1 * 2\,400 * 1 = 864 \text{ Kg}$$

$$\text{BP} = 1,25 + 1 - 0,15 = 2,10 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = 864 * 2,1 = 1\,814,40 \text{ Kg} - \text{m}$$

Para las demás secciones se elaboró una tabla para ordenar los datos, como se muestra a continuación:

Tabla IV. **Cálculo del momento estabilizante**

Sección	Área	Peso (w)	B.P.(m)	Momento
1	0,36	864,00	2,10	1 814,40
2	0,30	720,00	1,88	1 353,60
3	2,50	6 750,00	0,833	5 622,75
4	4,00	10 800,00	1,75	18 900,00
5	2,50	6 750,00	2,67	18 022,59
6	2,50	4 750,00	3,08	14 630,00
7	2,00	3 800,00	2,88	10 944,00

$$W = 34\ 434,00 \quad \& \quad M_E = 71\ 287,25$$

Fuente: elaboración propia.

- **Cálculo de sismo**

El cálculo se realizará con las ecuaciones de acuerdo con el artículo A11.1 de AASHTO LRFD 2010. El valor de coeficiente sísmico de aceleración horizontal se obtiene de las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala. AGIES NSE 2-10.

Para obtener la aceleración máxima del suelo (A) se toman en cuenta las siguientes características de la tabla V:

Tabla V. **Cálculo de la aceleración máxima según AGIES/NSE 3-10 y coeficiente sísmico**

AGIES/NSE 3-10		CORTE BASAL AL LÍMITE DE CEDENCIA		
Información general		Referencia		
Municipio	San Pedro Sacatepéquez			
Departamento	San Marcos			
Categoría	III Obras Importantes		NSE 1 pág. 7	
Parámetros de diseño				
Índice de Sismicidad lo	4		NSE 2 Figura 4-1	
Scr (g)	1,65		NSE 2 Anexo A pág.. 55	
S1r (g)	0,6		NSE 2 Anexo A pág.. 55	
Clase de Obra	D		NSE 2 tabla 4-1	
Tipo de fuente sísmica	B		NSE 2 Tabla 4-5	
Clase de sitio	D		NSE 2 Tabla 4-4	
Fa	1		NSE 2 Tabla 4-2	
Fv	1,5		NSE 2 Tabla 4-3	
Scs = Scr X Fa	1,65			
S1s = Sir X Fv	0,9			
Intensidades Sísmicas Especiales				
Na	Distancia ≥ 10 Km	1		NSE 2 Tabla 4-6
Nv	Distancia = 10 Km	1		NSE 2 Tabla 4-7
Scs = Scr X Fa X Na	1,65			
S1s = Sir X Fv X Nv	0,9			
Nivel mínimo de protección sísmica				
Probabilidad de exceder				
sismo de diseño en 50 años		5%		NSE 2 Tabla 4-1
Factor de escala Kd				
Sismo	Sismo Ordinario		0,8 NSE 2 4.3.4.1	
Espectro calibrado a nivel de diseño requerido				
Scd = Kd X Scs	1,3200			
S1d = Kd X S1s	0,7200			
Aceleración máxima del suelo				
AMSd = 0,40 X Scd	0,5280			
Componente vertical sismo de diseño				
Svd = 0,15 X Scd	0,198			
Periodo Ta	Dirección X	0,0954	segundos	Ta=Kt(hn)^x
Periodo Ta	Dirección Y	0,0954	segundos	2.1.4
Periodo de transición Ts= S1d/Scd		0,5455		segundos
Ordenadas Espectrales				
Sa (T) = Scd si T ≤ Ts		1,3200	Aplica	
Sa (T) = S1d/T si T > Ts		7,5469	No aplica	
Método de carga estática equivalente				
Factor de reducción de respuesta sísmica (R)		8		NSE 3 tabla 1-1
Coeficiente sísmico al límite de cedencia				
Cs = Sa(T)/R		0,16500		
Cs ≥ 0,044 Scd		0,05808		
Cs ≥ 0,75KdS1r / R		0,04500		
Ws	8,072		Toneladas	
vb = CsWs	1,33		Toneladas	

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto la aceleración máxima del suelo A : 0,5280

La fuerza de sismo estará aplicada a una altura de $H/2$ según la Norma AASHTO LRFD 2010 A.11.11.1.1.

El coeficiente de presión activa sísmica del terreno es:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

Donde:

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = 0°

β = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

ϕ = ángulo de fricción interna del relleno = 30°

K_{AE} = coeficiente de presión activa sísmica del terreno

i = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

H = altura del muro = 5,60 m

γ_t = peso unitario del suelo = $1\,600 \text{ kg/m}^3$

A = coeficiente sísmico de aceleración horizontal = 0.5280

K_h = coeficiente de aceleración horizontal = $0,5^a = 0,5 \times 0.5280 = 0.264$

K_v = coeficiente de aceleración vertical = 0

K_a = coeficiente de empuje activo = 0.296 (para esto es necesario hacer las siguientes operaciones.)

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\theta - \delta)\text{sen}(\theta + \beta)}} \right]^2$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\theta + \emptyset)}{\Gamma[\text{sen}^2\theta\text{sen}(\theta - \delta)]}$$

Donde:

θ = ángulo de fricción interna del relleno = 30 °

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = 25 °

β = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

\emptyset = ángulo de inclinación del muro del lado del terreno = 90 °

K_a = coeficiente de empuje activo

i = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

Tabla VI. **Ángulo de fricción entre diferentes materiales**

Materiales en interfase	Ángulo de fricción, δ (°)	Coefficiente de fricción, $\tan \delta$
Hormigón masivo sobre los siguientes materiales de fundación:		
• Roca sana y limpia	35	0,70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0,55 a 0,60
• Arena limpia fina a media, arena limosa media a gruesa, grave limosa o arcillosa	24 a 29	0,45 a 0,55
• Arena fina limpia, arena limosa o arcillosa fina a media	19 a 24	0,34 a 0,45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0,31 a 0,34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0,40 a 0,49
• Arcilla de rigidez media y rígida; arcilla limosa	17 a 19	0,31 a 0,34
Sobre estos materiales de fundación la mampostería tiene los mismos factores de fricción.		

Fuente: U.S. Department of the Navy.

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(90^\circ+25)\text{sen}(90^\circ-0)}{\text{sen}(30^\circ-25^\circ)\text{sen}(30^\circ+0)}} \right]^2 = 2.796$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(30^\circ+90^\circ)}{\Gamma[\text{sen}^2 30^\circ * \text{sen}(30^\circ - 25^\circ)]} = 0.296$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,264}{1 - 0}\right) = 14,79^\circ$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(30 - 14.79^\circ)}{\cos 14.79^\circ * \cos^2 0 * \cos(14.79^\circ) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(30)\text{sen}(30^\circ)}{\cos(14.79^\circ)\cos(0)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 0.469$$

La fuerza de acción sísmica es:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 (K_{AE} - K_a)$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} * 1,600 * 5.60^2 (0.469 - 0.296) = 4\,340,22 \text{ kg}$$

- Revisión del muro sin superestructura

Se harán las verificaciones para un muro de contención por gravedad:

$$\text{Volteo} = ME / MV > 1,5$$

$$\text{Deslizamiento} = W / E > 1,5$$

$$\text{Presiones} = P = W / A * [1 \pm (6 * e / b)] < 16\ 000 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Donde:

MV = momento de volteo

ME = momento estabilizante

W = peso propio de la estructura

E = empuje

A = área

e = excentricidad = $b / 2 - a$

b = base

- Revisión de volteo

$$ME / MV = 71\ 287,25 / 18\ 635,36 = 3,83 > 1,5 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

- Revisión de deslizamiento

$$D = 0,5 * W / E = 0,5 * 34\ 434 / 9\ 166,08 = 1,88 > 1,5 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

Como la diferencia en ambos chequeos es mayor que 1,5, se asume que la estructura por si sola resistirá el volteo y el deslizamiento.

- Revisión de presiones

$$a = (ME - MV) / W = (71\ 287,25 - 18\ 635,36) / 34\ 434,00 = 1,53 \text{ m}$$

$$e = b / 2 - a = 3,5 / 2 - 1,53 = 0,22$$

$$P_{\text{Máxima}} = 34\,434 / 3,5 * [1 + (6 * 0,22) / 3,5]$$

$$P_{\text{Máxima}} = 13\,548,72 \text{ kg} / \text{m}^2 < 16\,000 \text{ Kg} / \text{m}^2 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

$$P_{\text{Mínima}} = 34\,434 / 3,5 * [1 - (6 * 0,22) / 3,5]$$

$$P_{\text{Mínima}} = 6\,127,85 \text{ Kg} / \text{m}^2 > 0, \text{ entonces} \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

- Revisión del muro con sismo sin carga viva

Para esta revisión se toman los momentos de volteo en el sentido horizontal.

$$W2 = W + C_m$$

$$W2 = 34\,434 + 5\,247,67 = 39\,681,67 \text{ Kg}$$

$$ME3 = ME + (C_M * \text{brazo})$$

$$ME3 = 71\,287,25 + (5\,247,67 * 1,75) = 80\,470,67 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Fuerza horizontal:

$$FH = 1,08 * E + 0,08 * W2$$

$$FH = 1,08 * 9\,166,08 + 0,08 * 39\,681,67 = 13\,073,90 \text{ Kg}$$

Tabla VII. **Cálculo de momento de volteo sentido horizontal**

Sección	Área	Peso (W)	B.P.	Momento
1	0,36	864,00	5,00	4 320,00
2	0,30	720,00	4,2'0	3 024,00
3	2,50	6 750,00	1,33	8 977,50
4	4,00	10 800,00	2,00	21 600,00
5	2,50	6 750,00	1,33	8 977,50
6	2,50	4 750,00	2,67	12 682,50
7	2,00	3 800,00	4,80	18 240,00

$$M_H = M_{V2} = 77\ 821,50$$

Fuente: elaboración propia.

$$MEQ = 0,08 * MV2$$

$$MEQ = 0,08 * 77\ 821,50 = 6\ 225,72 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MV3 = (1,08 * MV) + (CM * 0,08 * h) + MEQ$$

$$MV3 = (1,08 * 18\ 635,36) + (5\ 247,67 * 0,08 * 4,40) + 6\ 225,72$$

$$MV3 = 28\ 199,09 \text{ Kg-m}$$

- Chequeo de volteo:

$$V = ME3 / MV3 = 80\ 470,67 / 28\ 199,09 = 2,85 > 1,5 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

- Chequeo de deslizamiento:

$$D = (0,5 * W2) / FH = 0,5 * 39\,681,67 / 13\,073,90 = 1,52 > 1,5 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

- Chequeo de presión:

$$a = (ME3 - MV3) / W2$$

$$a = (80\,470,67 - 28\,199,09) / 39\,681,67 = 1,32 \text{ m}$$

$$e = 3,5 / 2 - 1,32 = 0,43 \text{ m}$$

$$P_{\text{Máxima}} = (W2 / A) * [1 + (6 * e) / b]$$

$$P_{\text{Máxima}} = (39\,681,67 / 3,50) * [1 + (6 * 0,43) / 3,50]$$

$$P_{\text{Máxima}} = 19\,695,07 \text{ Kg} / \text{m}^2 < V_s = 20\,000 \text{ Kg} / \text{m}^2 \quad \text{Ok} \quad \checkmark$$

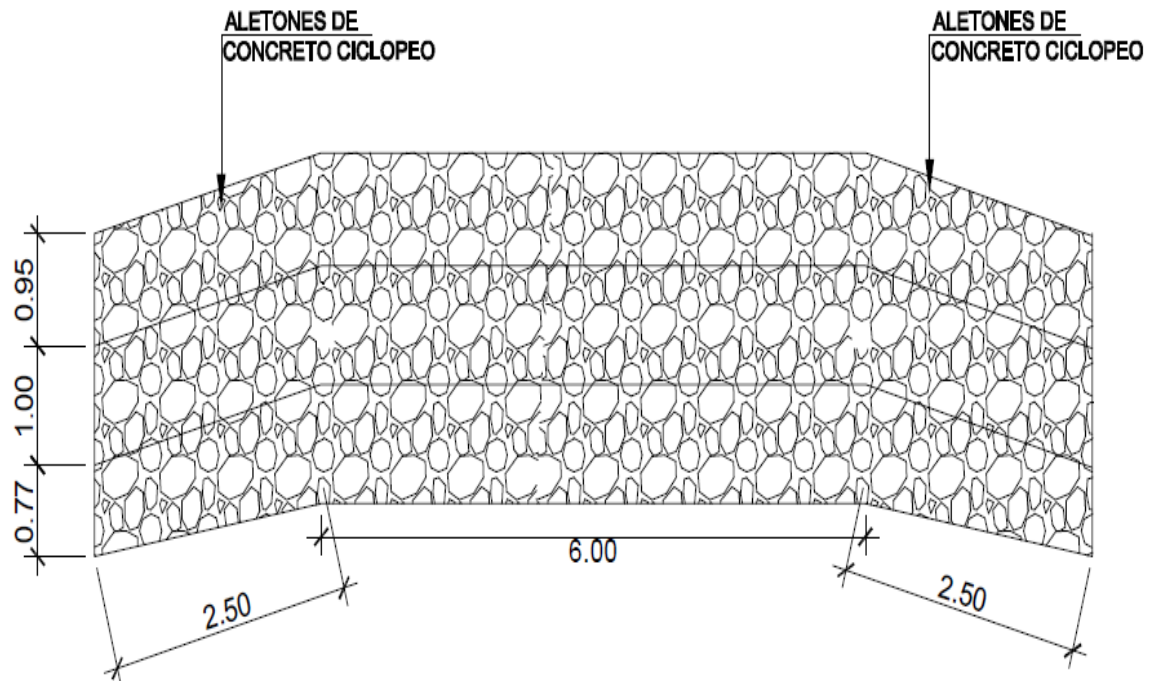
$$P_{\text{Mínima}} = (39\,681,67 / 3,50) * [1 - (6 * 0,43) / 3,50]$$

$$P_{\text{Mínima}} = 2\,980,17 \text{ Kg} / \text{m}^2 > 0, \text{ entonces se encuentra dentro del rango.}$$

2.6.4. Obras de protección

Con el fin de proteger las bases del puente y evitar la socavación de las mismas, así como el colapso de la estructura, las obras de protección en este proyecto son los aletones de concreto ciclópeo, que serán del mismo tipo que el estribo.

Figura 26. **Planta de estribo y aletones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Otra forma de brindarle protección a las bases del puente, consiste en el mantenimiento de la cuneta y dragado del río. Es recomendable que el cauce del río se le dé un mantenimiento previo a la entrada del invierno.

2.7. **Elaboración de planos**

Consiste en representar de forma gráfica lo que se ha planificado con anterioridad, facilitando la etapa de construcción y siendo una base para la supervisión.

Los planos se realizaron por medio del programa AutoCAD 2013. A continuación se especifica los planos correspondientes al proyecto del puente vehicular del caserío Alta Vista, aldea Provincia Chiquita, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, siendo estos:

- Planta general
- Planta, perfil, detalle de viga de apoyo, detalle anclajes + neopreno, planta ubicación de estribos, sección A-A.
- Planta superestructura, detalle de parachoque, detalle columna pasamano + sección.
- Sección longitudinal de viga principal, armado de viga principal y detalle de diafragma externo e interno.

2.8. Presupuesto del puente vehicular

Contiene el costo de acuerdo a precios cotizados en el mercado de la construcción más cercano al proyecto, el cual incluye mano de obra calificada, gastos directos e indirectos y gastos administrativos. Cabe mencionar que estos pueden tener una variación a través del tiempo.

Tabla VIII. Resumen presupuesto de puente vehicular

PRESUPUESTO INTEGRADO DE PUENTE VEHICULAR					
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, CASERÍO ALTA VISTA,					
ALDEA PROVINCIA CHIQUITA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS					
No.	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y chapeo	m2	280,00	34,00	9 520,00
1,2	Nivelación, trazo y replanteo topográfico	m2	280,00	29,75	8 330,00
1,3	Bodega provisional	m2	90,00	246,00	22 140,00
1,4	Rotulo de indentificación del proyecto	unidad	1,00	4 186,00	4 186,00
2	SUBESTRUCTURA				
2,1	Excavación estructural	m3	264,00	239,00	63 148,00
2,2	Estribos de concreto ciclópeo	m3	122,00	2 308,50	281 637,00
2,2	Aletones de concreto ciclópeo	m3	68,00	2 368,80	161 078,00
2,2	Viga de apoyo y cortina	ml	9,70	8 520,70	82 644,70
2,5	Neopreno	unidad	4,00	6 386,00	25 547,00
3	SUPERESTRUCTURA				
3,1	Losa	m3	21,50	10 120,50	217 595,50
3,2	Viga principal	ml	40,00	7 840,00	313 600,00
3,3	Diafragma externo	unidad	2,00	10 203,00	20 406,00
3,4	Diafragma interno	unidad	2,00	12 354,00	24 708,00
3,5	Banqueta	m3	5,30	8 072,30	42 784,30
3,6	Columna pasamanos	unidad	18,00	2 920,00	52 560,00
3,7	Parachoque	unidad	4,00	5 923,00	23 692,00
4	TRABAJOS FINALES				
4,1	Relleno y compactación	m3	168,00	968,00	162 775,00
4,2	Pintura reflectiva	global	1,00	5 663,00	5 663,00
4,3	Señalización vertical	unidad	6,00	1 895,00	11 370,00
4,4	Limpieza final y entrega	global	1,00	6 709,50	6 709,00
5	TRANSPORTE				
5,1	Transporte de maquinaria	km	100,00	135,00	13 500,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					13 500,00
En dólares, tipo de cambio \$ 1,00 = Q7,47					207 978,07
costo por metro lineal (en quetzales Q)					77 679,81
En dólares, tipo de cambio \$ 1,00 = Q7,47					10 398,92

Fuente: elaboración propia.

2.9. Cronograma de ejecución

Determina el avance físico y financiero del proyecto, se muestra a continuación en la tabla IX.

Tabla IX. Cronograma de ejecución e inversión

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN								
No.	Descripción	1	2	3	4	5	Monto	Porcentaje
1	Limpieza y chapeo	■					9 520,00	0,61 %
2	Nivelación, trazo y replanteo topográfico						8 330,00	0,54 %
3	Bodega provisional						22 140,00	1,43 %
4	Rotulo de indentificación del proyecto	■					4 186,35	0,27 %
5	Excavación estructural		■				63 148,80	4,06 %
6	Estribos de concreto ciclópeo			■			281 637,00	18,13 %
7	Aletones de concreto ciclópeo			■			161 078,40	10,37 %
8	Viga de apoyo y cornisa			■			82 644,00	5,32 %
9	Neopreno			■			25 547,40	1,64 %
10	Losa			■			217 595,05	14,01 %
11	V/iga principal			■			313 600,00	20,19 %
12	Diafragma externo			■			20 406,60	1,31 %
13	Diafragma interno			■			24 708,40	1,59 %
14	Banqueta			■			42 784,25	2,75 %
15	Columna pasamanos			■			52 560,00	3,38 %
16	Parachoque			■			23 692,00	1,52 %
17	Relleno y compactación			■			162 775,20	10,48 %
18	Pintura reflectiva			■			5 663,25	0,36 %
19	Señalización vertical			■			11 370,00	0,73 %
20	Limpieza final y entrega			■			6 709,50	0,43 %
21	Transporte de maquinaria			■			13 500,00	0,87 %
							1 553 596,20	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

2.10. Evaluación de impacto ambiental

A continuación en la tabla X, se presenta la evaluación inicial.

Tabla X. Evaluación ambiental inicial



Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita mas espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR	
<p>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento</p> <p>El proyecto llevara la siguiente identificación “Diseño de puente vehicular que se realizara en Caserío Alta Vista, Aldea Provincia Chiquita, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos”. El cual consiste en la construcción de un Puente vehicular de 1 vía, en época de invierno es imposible transitar, afectando a la población estudiantil y poniendo en riesgo la vida de los peatones. Para la realización del puente vehicular se tienen contemplado los siguientes renglones de trabajo: 280 metros cuadrados de limpieza y chapeo, 280 metros cuadrados de nivelación, trazo y replanteo topográfico, 90 metros cuadrados de bodega provisional, 1 unidad de rótulo de identificación del proyecto, 264 metros cúbicos de excavación estructural, 122 metros cúbicos de estribos de concreto ciclópeo, 68 metros cúbicos de aletones de concreto ciclópeo, 9,70 metros lineales de viga de apoyo y cortina, 4 unidades de neopreno, 21.50 metros cúbicos de losa, 40 metros lineales de viga principal, 2 unidades de diafragma externo, 2 unidades de diafragma interno, 5.30 metros cúbicos de banqueteta, 18 unidades de columna pasamanos, 4 unidades de parachoque, 168 metros cúbicos de relleno y compactación, 1 global de pintura reflectiva, 6 unidades de señalización vertical, 1 global de limpieza final, 100 kilómetros de transporte de maquinaria.</p> <p>El proyecto tendrá una duración de 6 meses.</p>	

Continuación de la tabla X.

I.2. Información legal: A) Nombre del proponente o representante legal: LIC. CARLOS ENRIQUE BAUTISTA GODINES (ALCALDE MUNICIPAL)		
B) De la empresa: Razón social: _____ Nombre Comercial: _____ No. De Escritura Constitutiva: _____ Fecha de constitución: Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Patente de Comercio Registró No. Folio No. Libro No. No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Número de Identificación Tributaria (NIT): 4236289		
I.3 Teléfono: 77601213 Correo electrónico: munisanpedrosm@munishecana.gob.gt		
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: CASERIO ALTA VISTA, ALDEA PROVINCIA CHIQUITA, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS. Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	Datos
Este (X) 283979,4	Latitud Norte 14° 54'11,63"	
Norte (Y) 1548638,7	Longitud Oeste 91° 44'40,46"	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) 6ª. AVENIDA 5-40 ZONA 1 MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo: Ingeniero Agrónomo JULIO CESAR NAVARRO Encargado Departamento de Áreas Protegidas y Bosques municipales MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapa de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
Actividades a realizar: trazo y replanteo, rótulo de identificación, 264 metros cúbicos de excavación estructural, 122 metros cúbicos de estribos de concreto ciclópeo, 68 metros cúbicos de aletones de concreto ciclópeo,	- Actividades o procesos: limpieza de la captación, limpieza de caja de válvulas, limpieza de tanque de distribución, limpiar alrededor de los muros de concreto ciclópeo, revisión de la línea de conducción, revisión de las tapaderas, limpieza final. - Materia prima e insumos: cemento,	- acciones a tomar en caso de cierre: en caso de desastres naturales realizar la evaluación correspondiente, realizar la gestión para la construcción de un nuevo proyecto.

Continuación de la tabla X.

II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
<p>9,70 metros lineales de viga de apoyo y cortina, 4 unidades de neopreno, 21,50 metros cúbicos de losa, 40 metros lineales de viga principal, 2 unidades de diafragma externo, 2 unidades de diafragma interno, 5,30 metros cúbicos de banqueteta, 18 unidades de columna pasamanos, 4 unidades de parachoque, 168 metros cúbicos de relleno y compactación, 1 global de pintura reflectiva, 6 unidades de señalización vertical, 1 global de limpieza final, 100 kilómetros de transporte de maquinaria.</p> <p>Insumos necesarios: cemento, arena de río, pedrín, piedra bola, hierro, cal, material granular, combustible, palas, piochas, carretas.</p> <p>Maquinaria: retroexcavadora, vibro compactadora, mezcladora de concreto.</p> <p>Otros de relevancia</p> <p>** Adjuntar planos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - arena de río, pedrín, material granular, piedra bola, hierro, combustible. - Maquinaria: excavación, relleno y compactación. Fundición. - Productos y subproductos (bienes o servicios): mejorar la calidad de vida en la comunidad. - Horario de trabajo: Los trabajos de operación se realizaran de 8:00 a 17:00 horas. - Otros de relevancia: No es necesario otro tipo de trabajo a parte de los mencionados en esta sección de este instrumento. 	
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 120,00 M2 _____</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 120,00 M2 _____</p> <p>c) Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 120,00 M2 _____</p>		
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p>NORTE _____ Terrenos _____</p> <p>SUR _____ Terrenos _____</p> <p>ESTE _____ Terrenos _____</p> <p>OESTE _____ Terrenos _____</p>		
<p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p>		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Terrenos	Norte	1,00 metro
Terrenos	Sur	1,00 metro
Terrenos	Este	1,00 metro
Terrenos	Oeste	1,00 metro
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p style="text-align: center;">El viento en Caserío Chichicaste sopla de Norte a Sur generalmente.</p>		
<p>II.7 Datos laborales</p>		

Continuación de la tabla X.

a) Jornada de trabajo: Diurna (<input checked="" type="checkbox"/>) Nocturna (<input type="checkbox"/>) Mixta (<input type="checkbox"/>) Horas Extras _____							
b) Número de empleados por jornada _____ 8 trabajadores _____ Total empleados _____ 8 trabajadores _____							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, ENTRE OTROS...							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, ENTRE OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(meses día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	Si	15 M3/Mes	Red comunal existente	Se utilizara para realizar mezclas de concreto, humedecer formaleta s y aseo personal.	Para etapa de construcción: se utilizara para realizar mezclas de concreto.	Durante el tiempo de la realización de los trabajos se almacenara agua en toneles metálicos.
	Pozo	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Agua especial	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Superficial	Si	2 M3/Día	Paso de riachuelo en el área del proyecto	Riego de agua	Aplicar una lámina de agua para reducir la cantidad de partículas en suspensión generada por las actividades de movimiento de tierra.	Camión cisterna.
Combustible	Otro	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Gasolina	Si	5 Galones al día, durante la ejecución del proyecto	Gasolera más cerca al área del proyecto	Actividades de supervisión del proyecto.	El abastecimiento será en la gasolinera para evitar todo tipo de inconvenientes.	No se almacenará combustible en la etapa de construcción.
	Diesel	Si	30 Galones al día.	Gasolera más cerca al área del proyecto	Para acarreo de materiales en	Para uso de maquinaria y mezcladora de concreto.	No se almacenará combustible en la etapa de construcción.

Continuación de la tabla X.

					camión, actividades de excavación, relleno y nivelación.		.
	Bunker	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Glp	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Otro	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Lubricantes	Solubles	Si	20 Litro global de lubricantes.	Gasolinera cercana al proyecto.	Mantenimiento de motor de maquinaria y mezcladora.	Comprar el aceite de mejor calidad.	En el recipiente donde viene el producto, en la caja de aceite del motor.
	No solubles	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Refrigerantes		No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Otros		No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia							
III. IMPACTO AMBIENTAL							
GASES Y PARTICULAS							
<p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, entre otros.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Durante la excavación para la colocación de los estribos y alerones del puente vehicular. Durante el relleno se producirá polvo. Durante la descarga de material de construcción.</p>							
MITIGACIÓN							
<p>III.2 ¿Qué se está, haciendo o que se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o los trabajadores?</p> <p>Se mitigara aplicando el riego de agua para reducir las partículas en suspensión y/o polvo generadas en la etapa de construcción. La descarga de materiales se realizará antes de afluencia de personas. No mantener más de 24 horas el material de desperdicio en el área del proyecto. Los albañiles cuando utilicen cemento deberán utilizar mascarilla.</p>							
RUIDO Y VIBRACIONES							
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ninguna operación o trabajo a realizar durante la construcción no producirá ningún sonido fuerte o movimiento que pueda causar problemas en el vecindario de la comunidad.</p>							

Continuación de la tabla X.

<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o la vibración (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros.) El proyecto no generará ningún tipo de ruido o vibración, la vibración o ruido que pueda generarse durante la utilización del proyecto será por el tránsito vehicular .</p> <p>OLORES</p> <p>III.5 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, entre otros.) explicar con detalle la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: Durante la etapa de construcción y operación no se generara ningún tipo de olor.</p> <p>III.6 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? Durante la construcción no se dispersará ningún tipo de olor. En la operación no se sentirá ningún tipo de olor.</p>										
<p>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</p> <p>AGUAS RESIDUALES CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, que tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias:</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) Durante la construcción no se generara ningún tipo de aguas residuales generadas por actividades domésticas. Los trabajadores se hospedaran en viviendas cercanas al proyecto. Durante la operación no se tendrá el inconveniente con este tipo de aguas.</p> <p>b) <u>Especiales:</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos, actividades de servicios industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) este proyecto no producirá aguas residuales de carácter público durante la etapa del proyecto.</p> <p>c) <u>Mezcla de las anteriores:</u> No existe ningún tipo de mezclas.</p> <p>d) <u>Otro:</u></p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de agua residual generado: El proyecto durante la construcción no producirá ningún tipo de aguas residuales. Las viviendas producen en la comunidad 30 litros de aguas sanitarias. Las aguas de piletas se desfogan en los terrenos de cultivo. Cada vivienda tiene su propia letrina por falta de un sistema de alcantarillado en ese sector.</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios: cada vivienda tiene su propia letrina.</p> <p><u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u></p> <p>IV.3 Describir qué tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas generadas por la actividad.</p> <table border="0"> <tr> <td>a) Sistema de tratamiento</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>b) Capacidad</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>c) Operación y mantenimiento</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>d) Caudal a tratar</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>e) Etc.</td> <td>Ninguno</td> </tr> </table> <p><u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u></p> <p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior. De pilas y lavatrastos se desfogan en terrenos y zanjoncillos cercanos. Para las necesidades fisiológicas cada vivienda tiene su propia letrina.</p>	a) Sistema de tratamiento	Ninguno	b) Capacidad	Ninguno	c) Operación y mantenimiento	Ninguno	d) Caudal a tratar	Ninguno	e) Etc.	Ninguno
a) Sistema de tratamiento	Ninguno									
b) Capacidad	Ninguno									
c) Operación y mantenimiento	Ninguno									
d) Caudal a tratar	Ninguno									
e) Etc.	Ninguno									

Continuación de la tabla X.

AGUA DE LLUVI (AGUAS PLUVIALES)

IV.5 Explicar la forma de captación de aguas de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros.)

Las aguas pluviales son captadas por las cunetas de las calles y los terrenos de cultivo y posteriormente son desfogados al cuerpo receptor más cercano.

Fuente: Ministerio de ambiente y recursos naturales – MARN.

3. DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

En esta fase se presentan los proyectos elaborados bajo los criterios científicos, puestos en práctica para definir dimensiones, parámetros y la presentación de soluciones ingenieriles para satisfacer las necesidades identificadas en la fase anterior. Los proyectos de infraestructura corresponden de la siguiente manera:

3.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, caserío Chichicaste, aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

Este proyecto es la propuesta de solución para la demanda de servicio de agua sanitariamente segura para el caserío Chichicaste, definiéndose en los siguientes pasos:

3.1.1. Agua potable

Es agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos. Cuando se refiere a agua sanitariamente segura significa que es incapaz de transmitir enfermedades, libre de concentraciones excesivas de sustancias minerales y orgánicas y libres de sustancias tóxicas. Agradable a los sentidos significa que debe ser incoloro, inodoro y de sabor agradable. El agua potable es un concepto universal y único, ya que es potable o no.

Para que el agua sea potable debe cumplir con lo indicado en la norma COGUANOR NGO 29001.

3.1.2. Sistema de agua potable

- Captación

Son las obras que permiten captar el agua de la fuente a utilizar

- Conducción

Son las obras que conducen el agua desde la captación hacia la planta de tratamiento o hacia el tanque de almacenamiento.

- Planta de tratamiento

Son las estructuras en las que se realizan los procesos para potabilizar el agua.

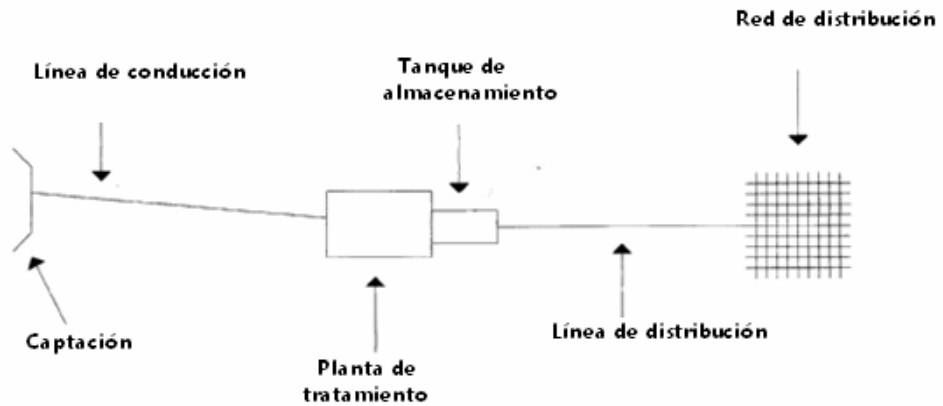
- Almacenamiento

Son los tanques que se utilizan para almacenar agua para suplir la demanda en las horas de máximo consumo.

- Distribución

Comprenden las líneas y redes para llevar el agua hasta el consumidor.

Figura 27. Componentes de un sistema de agua



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

3.1.3. Fórmulas hidráulicas usadas en el diseño de abastecimiento de agua

En los siguientes subtítulos se detallan las fórmulas hidráulicas aplicadas al diseño de abastecimiento de agua.

3.1.3.1. Ley de Darcy

Experimentos realizados por Darcy establecen que la velocidad de flujo a través de un medio poroso, V , es proporcional a la diferencia de presiones entre dos secciones de un volumen de control y a la longitud entre ellas, se tiene:

$$V = K * \frac{H}{L}$$

Donde:

V = velocidad del agua

K = coeficiente de permeabilidad

H / L = gradiente hidráulico o pérdida de energía por unidad de longitud

La conductividad hidráulica, K, se encuentra en algunos textos como coeficiente de permeabilidad. En otras palabras la ecuación de Darcy es:

$$Q = K * i * A$$

3.1.3.2. Fórmula de Manning

Tradicionalmente, la ecuación de diseño para conductos con flujo libre (a la presión atmosférica) ha sido la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} \left(A * R^{2/3} * S^{1/2} \right)$$

Donde:

Q = caudal

A = área de la sección de flujo

R = radio hidráulico (área/perímetro mojado (m))

S = pendiente de la tubería (adimensional)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (ver tabla X)

Tabla XI. Valores comunes de “n”

Asbesto de cemento	0.010 A 0.012
Concreto ordinario	0.014 a 0.016
Concreto bien acabado	0.013 a 0.014
Concreto alisado	0.011 a 0.012
Ladrillo	0.014 a 0.016
Plástico	0.009 a 0.010

Fuente: INFOM - UNEPAR.

3.1.3.3. Fórmula de Hazen & Williams

Una de las fórmulas más empleadas para el cálculo hidráulico de tuberías forzadas es la de Hazen & Williams. Esta es la fórmula empírica resultante del análisis estadístico de una gran cantidad de datos experimentales. Es aplicada satisfactoriamente para cualquier material entre 0,05 m y 3,50 m de diámetro y es válida únicamente para agua. Su formulación es la siguiente:

$$h_f = \left(\frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} \right)$$

Donde:

Q = caudal (l/s)

L = longitud de tubería (m)

C = coeficiente de fricción (ver tabla XI)

D = diámetro de la tubería

hf = pérdida de carga

Tabla XII. **Valores comunes de “C”**

MATERIAL	C
Acero o hierro galvanizado	100
Hierro fundido	100
Asbesto o cemento	100
Plástico	150

Fuente: INFOM - UNEPAR.

3.1.4. Normas para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua

Cuando se requiere consultar las normas para el diseño de acueductos en el área urbana, hay que acudir al Instituto de Fomento Municipal (INFOM); en el área rural, a la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR); y en la ciudad capital a la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

Las normas de diseño proporcionan rangos de valores a ser utilizados cuando no se dispone de información para el diseño de sistema de abastecimiento de agua, es decir, indican algunos parámetros, pero en todo caso es el criterio del diseñador el que debe prevalecer.

3.2. Descripción del proyecto

El diseño del sistema de agua potable será por gravedad, esto a la topografía del terreno donde se ubica la fuente de abastecimiento, el tanque de distribución y la población beneficiada.

Un sistema de agua potable se proyecta para suministrar un volumen suficiente de agua a una presión adecuada y con una calidad aceptable, desde la fuente de suministro hasta los consumidores. El sistema básico incluye la infraestructura necesaria para captar el agua de una fuente que reúna condiciones aceptable, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular.

El proyecto de diseño de la línea de conducción y distribución consiste en determinar la cantidad, calidad y diámetro adecuado de la tubería para conducir el agua necesaria que satisfaga las demandas de la población.

Primero se tiene que determinar la dotación que se utilizará en el diseño del sistema de acuerdo con la necesidad de la población, asimismo, se determinarán los valores para cuantificar las demandas máximas diarias y horarias que requiera el proyecto.

Se verificarán después si la fuente de agua propuesta es capaz de cubrir la demanda, y si la fuente no tiene impedimentos técnicos o legales que impidan su empleo.

3.3. Levantamiento topográfico

La topografía para el proyecto de agua potable define el diseño del sistema, ya que tiene por objetivo medir las extensiones de terreno, determinar posiciones y elevaciones de puntos que se encuentran en la superficie del terreno.

3.3.1. Altimetría

Es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos para conocer las diferencias de alturas del terreno, para ser proyectadas en un plano vertical. Para la medición de niveles se utilizó la lectura de hilos y estadal. Se realizaron los cálculos con los datos obtenidos se determinaron los niveles de cada punto observado.

3.3.2. Planimetría

Es el conjunto de trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos que permiten construir una figura semejante a la del terreno, proyectando sobre un plano horizontal. Se pudo cubrir grandes distancias con pocos puntos o estacionamientos porque el terreno lo permite. Los ángulos y direcciones horizontales fueron medidos, a través del método de conservación de azimut.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Teodolito marca Wild T-1
- Estadal de 4 metros
- Cinta métrica metálica de 50 metros
- 2 plomadas de bronce
- Juego de estacas

3.4. Caudal de aforo

Se define como la cantidad de agua que produce una fuente, se debe realizar en época de estiaje de la cuenca. El caserío Chichicaste posee pocas

fuentes de agua disponible para el servicio de la población, por lo que las fuentes que se tomarán en cuenta para el desarrollo del proyecto serán dos. Estas fuentes en la actualidad son pequeñas, pero poseen la característica que el caudal en época de verano no disminuye, es decir, que mantienen un flujo constante durante los años en la época en mención; al contrario en época de invierno, donde el caudal aumenta considerablemente.

Las fuentes disponibles, que serán llamadas fuente 1 y 2, se encuentran a 5 kilómetros del caserío. Estas fuentes se encuentran dentro de una finca privada y que ha sido cedida para su captación. La fuente posee vegetación y no existen viviendas cerca que pudieran contaminar la fuente.

En el aforo se determina el caudal de una fuente. Para este proyecto se utilizó el método volumétrico, el cual se desarrolló de la siguiente manera:

- Selección de un recipiente de volumen conocido
- Captación del agua del nacimiento hasta llenar el recipiente, tomando en cuenta el tiempo de llenado del mismo.

Para el cálculo del caudal se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q = caudal

V = volumen

T = tiempo

Para mayor confiabilidad en el diseño, el aforo se realizó dos veces en diferentes días, tomando como resultado final el promedio de los mismos, que corresponde a 0,35 L/s. El aforo se realizó el 10 y 17 de abril del 2014.

Tabla XIII. **Aforo de la fuente 1**

No.	Tiempo de llenado
1	104 seg
2	105 seg
3	104 seg
4	103 seg

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el tiempo promedio del aforo de la fuente 1, se tiene:

$$t = \frac{104 + 105 + 104 + 103}{4} = 104 \text{ segundos}$$

EL caudal de aforo se obtiene de:

$$Q = \frac{V}{T} \longrightarrow Q = \frac{18,925 \text{ lts}}{104 \text{ seg}} \longrightarrow Q = 0,182 \text{ lts/seg}$$

El caudal obtenido de la fuente 1, es de 0,182 lts/seg

Tabla XIV. **Aforo de la fuente 2**

No.	Tiempo de llenado
1	112 seg
2	113 seg
3	113 seg
4	112 seg

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el tiempo promedio del aforo de la fuente 2, se tiene:

$$t = \frac{112 + 113 + 113 + 112}{4} = 112,50 \text{ segundos}$$

EL caudal de aforo se obtiene de:

$$Q = \frac{V}{T} \longrightarrow Q = \frac{18,925 \text{ lts}}{112,50 \text{ seg}} \longrightarrow Q = 0,168 \text{ lts/seg}$$

El caudal obtenido de la fuente 2, es de 0,168 lts/seg.

Sumando los caudales de la fuente 1 y fuente 2

$$Q_{\text{Total}} = \text{caudal fuente 1} + \text{caudal fuente 2}$$

$$Q_{\text{Total}} = 0,182 \text{ lts/seg} + 0,168 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{Total}} = 0,35 \text{ lts/seg}$$

3.5. Calidad del agua

Para que el agua sea potable debe ser sanitariamente segura y agradable a los sentidos. Las muestras de agua fueron tomadas con base en las especificaciones del INFOM, luego llevadas al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su respectivo análisis.

El agua potable debe llenar ciertas condiciones, tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.
- Inodora, insípida y fresca.
- Aireada, sin substancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Para el análisis del agua es necesario realizar los siguientes exámenes:

- Bacteriológico
- Fisicoquímico

Para garantizar que el agua pueda ser bebida por una población, es necesario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las Normas COGUANOS NGO 20-001.

3.5.1. Análisis bacteriológico

Proporciona el grado de contaminación, por medio de la cantidad de coliformes que se encuentran en el agua. El agua que debe usarse para

consumo no debe tener ningún organismo que sea de origen fecal, de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el agua es potable.

3.5.2. Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico da a conocer la composición física del agua (color, sabor, turbidez, potencial de hidrógeno y dureza) y la composición química (aniones y cationes) para saber si se encuentran dentro de los límites de las normas.

El resultado de este examen fue: el agua está dentro de los límites aceptables de normalidad y no representa riesgo alguno para la población del caserío Chichicaste, esto establece que el agua es adecuada para el consumo humano (ver anexos).

3.6. Periodo de diseño

Es el período de tiempo estimado en el cual el sistema de abastecimiento de agua potable prestará un servicio satisfactorio. Se recomienda para obras civiles 20 años y para equipos mecánicos de 5 a 10 años.

El periodo de diseño que recomiendan instituciones como Organización Mundial de la salud (OMS) y la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR); es de 20 años. También se debe tomar en consideración el tiempo que se lleva en realizar el diseño, gestión y ejecución de la obra, por lo que se le agrega un año más, siendo de 21 años para el período de diseño para este proyecto.

3.7. Estimación de la población de diseño

Existen diversos métodos para obtener una proyección del crecimiento poblacional, se recomienda utilizar el método geométrico.

Para determinar la población bastaría multiplicar el número total de casas estimando, por el número adoptado de habitantes por vivienda; el promedio de habitantes por vivienda en caserío Chichicaste varía de 5 a 7, en este caso se tomarán 6 habitantes por vivienda.

Número de viviendas = 40

$P_a = \text{número de viviendas} * \text{número promedio habitantes por vivienda}$

$P_a = 40 * 6 = 240 \text{ habitantes}$

- Población futura

La tasa de crecimiento poblacional promedio anual es de 3,0 % utilizada para el municipio de San Pedro Sacatepéquez; se considera en el cálculo de la población futura con la fórmula de crecimiento geométrico:

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

Donde:

P_f = población futura de diseño

P_a = población actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = número de años que se proyectan

Sustituyendo datos en la fórmula anterior se obtiene:

$$Pf = 240 (1 + 0,03)^{21}$$

$$Pf = 446 \text{ habitantes}$$

3.8. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario para satisfacer sus necesidades, se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día). El consumo de agua está en función de una serie de factores que son: clima, nivel de vida, costumbres de la religión, servicios comunales, entre otros. En la sección 4.3 de la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales del instituto de fomento municipal (INFOM) se recomienda una dotación de 60 a 90 L/hab/día para servicios mixtos de llena cántaros y conexiones prediales, debido a la poca disponibilidad de agua del nacimiento, se asignó una dotación de 50 L/hab/día.

3.9. Determinación del caudal de diseño

Se calculará el caudal con el que el sistema debe funcionar.

3.9.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua consumida por la población durante un día, la cual se obtiene como el promedio de los consumos diarios en el periodo de un año. Dado que el caudal requerido es permanente durante un día, se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{Dot * Pf}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario, en L/s.

Dot = dotación, L/hab/día

P_f = población futura

$$Q_m = \frac{50 \text{ L/hab/día} * 446 \text{ hab}}{86\ 400}$$

$$Q_m = 0,26 \text{ L/s}$$

3.9.2. Caudal máximo diario

Es conocido como caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 hrs, observado durante un año de conducción y regularmente sucede cuando hay actividades en los cuales participa la mayor parte de la población. No incluye gastos causados por incendios.

Cuando no se cuenta con información de consumo diario, se puede calcular a través de un porcentaje denominado factor de día máximo (fdm). Este factor en área rural está comprendido dentro de los valores siguientes: 1,5 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, a 2,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes.

Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, según INFOM - UNEPAR el factor de día máximo es de 1,5.

$$Q_d = Q_m * f_{dm}$$

$$Q_d = 0,26 \text{ L/s} * 1,5 = 0,34 \text{ L/s}$$

3.9.3. Caudal máximo horario

Conocida también como caudal de distribución, es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tiene registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

El factor de hora máxima (f_{hm}) está comprendido en el área rural entre 2,5 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, según INFOM - UNEPAR el factor de hora máxima es de 2,5.

$$Q_d = Q_m * f_{hm}$$

$$Q_d = 0,26 \text{ L/s} * 2,5 = 0,65 \text{ L/s}$$

3.10. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño que sirvieron de base en el proyecto de abastecimiento de agua potable para el caserío Chichicaste son los siguientes:

Aforo	= 0,35 L/s
Tipo de sistema	= gravedad
Número de conexiones	= 40
Población actual	= 240 habitantes
Tasa de crecimiento	= 3,00 %
Periodo de diseño	= 21 años
Población de diseño	= 446 habitantes
Dotación	= 50 L/hab/día

Factor de día máximo	= 1,5
Caudal medio diario	= 0,26 L/s
Caudal máximo diario	= 0,34 L/s
Factor de hora máximo	= 2,5

3.11. Diseño de la captación

Es la obra civil que recolecta el agua proveniente del nacimiento de brotes definidos o difusos. El tipo de captación utilizada en la fuente superficial tiene los siguientes componentes:

- Filtro de piedra y sello sanitario para captación del brote
- Caja de captación (1m³)
- Caja de válvula de salida
- Dispositivo de desagüe y rebalse

3.12. Diseño de la línea de conducción

Es la tubería que sale desde la captación o de una caja reunidora de caudales hacia el tanque de distribución. La línea de conducción en este caso es diseñada por gravedad; la tubería para conducción será de tubo PVC diámetro indicado. (Ver planos en apéndice). Para el diseño de la línea de conducción se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, la cual es:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \qquad V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

Donde:

H_f = energía, pérdida de carga (m)

V = velocidad (m/s)

L = longitud de la tubería más un factor de longitud del 5 % por la topografía del terreno (m)

Q = caudal máximo diario (L/s)

D = diámetro de tubería (plg)

C = coeficiente de rugosidad (para PVC se usará 140 y HG se usará 100)

En cuanto a las velocidades en la red, se recomienda mantener como mínimo 0,60 m/s y como máximo 3,00 m/s para evitar sedimentación en las líneas de conducción, solo en casos especiales y tramos cortos se podrá utilizar una velocidad máxima de 5,00 m/s.

- Ejemplo de diseño

Primero se comprueba las alturas de las cotas, para verificar si no necesita de una caja rompe presión.

- Comprobando alturas de cotas

Cota máxima = 4 996,114

Cota mínima = 4 876,877

Cota tanque de distribución, = 4 911,976

$H_1 = 4\,996,114 - 4\,911,976 = 84,138 < 112 \text{ m.c.a. (160 PSI) \quad Ok}$

$H_2 = 4\,996,114 - 4\,876,877 = 119,237 > 112$ m.c.a. (160 PSI) se necesita una caja rompe presión.

- A manera de ejemplo, se diseñará el tramo comprendido entre las estaciones E-3 (captación) y E-7.

E-3 = 4 996,114 longitud = 62,00 m

E-7 = 4 989,290 longitud = 192,00 m

Diferencia de cotas = 4 996,114 – 4 989,290 = 6,824 m

Longitud = 192,00 – 62,00 = 130,00 * 1,05 = 136,50 m

Hf disponible = 2,00 m

C = 140

Caudal (Q) = 0,34 L/s

Aplicando la ecuación de Hazen-Williams para obtener el diámetro teórico:

$$\phi = 4,87 \sqrt{\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}}}$$

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 * 136,50 \text{ m} * (0,34 \text{ L/s})^{1,85}}{2,00 \text{ m} * (140)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,12 \text{ plg.}$$

Los diámetros comerciales a utilizar son de 1 ¼" y de 1 ½".

D comercial = 1 ½", cuyo diámetro interno es; Di = 1,754"

D comercial = 1 ¼", cuyo diámetro interno es; Di = 1,532"

- Cálculo de la pérdida para cada diámetro propuesto

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

$$H_{f_{1.5''}} = \frac{1\,743,811 * 136,50 * (0,34 \text{ L/s})^{1,85}}{(140)^{1,85} * (1,754)^{4,87}} = 0,22 \text{ m}$$

$$H_{f_{1.25''}} = \frac{1\,743,811 * 136,50 * (0,34 \text{ L/s})^{1,85}}{(140)^{1,85} * (1,532)^{4,87}} = 0,43 \text{ m}$$

Por criterio se utilizará tubería de diámetro de 1 ½ pulgadas, para salvar punto crítico.

A continuación, se utiliza la fórmula para el cálculo de la velocidad, a la que viajará el agua por la línea de conducción y establecer si la misma se encuentra dentro de los parámetros de velocidad permisibles.

- Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

$$V = \frac{1,974 * 0,34 \text{ L/s}}{(1,50)^2} = 0,30 \text{ m/s} \quad \text{Ok}$$

$$0,3 < V < 3,00 \text{ m/s}$$

- Cálculo de la cota piezométrica

$$\text{Inicial} = 4\,996,114$$

$$\text{Final} = \text{Cp. Inicial} - H_f$$

$$\text{Final} = 4\,996,114 - 0,22 = 4\,995,894 \text{ m}$$

- Cálculo de la presión dinámica

$$\text{Cota piezométrica} = 4\,995,894$$

$$\text{Final} = 4\,989,290$$

$$\text{Presión dinámica} = 4\,995,894 - 4\,989,290 = 6,604 \text{ m}$$

- Cálculo de longitud de tubería

$$L = 192,00 - 62,00 = 130,00 * 1,05 = 136,50 / 6 = 22,75 \text{ tubos}$$

Se requiere 23 tubos PVC de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ "

El siguiente tramo de la línea de conducción, fue diseñado según estos cálculos y con base en una hoja de cálculo del paquete de computadora Excel[®]; se presentan los resultados (Ver anexos).

3.13. Diseño del tanque de distribución

El tanque de distribución en un sistema de abastecimiento de agua tiene como función compensar las variaciones horarias en el consumo de agua de la población, para cubrir la demanda cuando haya interrupción del servicio en la línea de conducción, así como proporcionar presiones adecuadas en la línea de distribución. Este tipo de obra es de suma importancia para el diseño del

sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico como para funcionamiento hidráulico del sistema y del almacenamiento de un servicio eficiente, Un tanque de distribución tiene los siguientes componentes:

- Depósito principal
- Caja de válvula de entrada y de salida
- Tapaderas para entrada
- Dispositivo de desagüe y rebalse
- Respiraderos
- Clorador
- Circulación para protección del mismo

El volumen de los tanques de distribución, se calculará de acuerdo a la demanda real de la comunidad. Cuando no se tengan estos estudios de dichas demandas, se tomará en cuenta el siguiente criterio que propone INFOM-UNEPAR, en sistemas por gravedad, se adoptará del 25 % al 40 % del caudal medio diario y en algunos casos del caudal de aforo, como se calcula adelante.

$$\text{Vol} = \frac{34\% * Q * 86\,400}{1\,000\text{L/m}^3}$$

Donde:

Vol. = volumen del tanque en m³

Q = caudal

$$\text{Vol} = \frac{34\% * 0,34\text{L/s} * 86\,400}{1\,000\text{L/m}^3} = 9,988 \text{ m}^3$$

El tanque tendrá una capacidad para almacenar 10 metros cúbicos de agua, sus muros estarán semienterrados. Las dimensiones del tanque serán:

Altura: 1,60 m
Largo: 2,50 m
Ancho: 2,50 m

- Diseño de la losa del tanque de distribución

Datos:

Carga viva = 100 Kg/m²

Peso específico concretó: $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$

Sobre carga = 90 Kg/m²

a = 2,50 m

b = 2,50 m

- Espesor de losa

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} \rightarrow t = \frac{2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5}{180} \rightarrow t = 0,06 = 0,10 \text{ m}$$

$$m = \frac{a}{b} \rightarrow m = \frac{2,50 \text{ m}}{2,50 \text{ m}} \rightarrow m = 1 \rightarrow m > 0,5 \rightarrow \text{losa en 2 direcciones}$$

- Integración de cargas

CV = carga viva

CM = carga muerta

CU = carga última

M = momento nominal

$$\text{Peso propio de la losa} = 2400 \text{ Kg/m}^2 * 0,10 \text{ m} * 1,00 \text{ m} = 240 \text{ Kg/m}$$

$$CV = 100 \text{ Kg/m}^2 * 1,00 \text{ m} = 100 \text{ Kg/m}$$

$$CU = 1,7 CV + 1,4 CM$$

$$CU = 1,7 (100 \text{ Kg/m}) + 1,4 (240 \text{ Kg/m} + 90 \text{ Kg/m})$$

$$CU = 632 \text{ Kg/m}$$

Momentos actuantes

Según el método 3 del ACI:

$$M_a^+ = C_a * CM * la^2 + C_a * CV * lb^2$$

$$M_b^+ = C_b * CM * la^2 + C_b * CV * lb^2$$

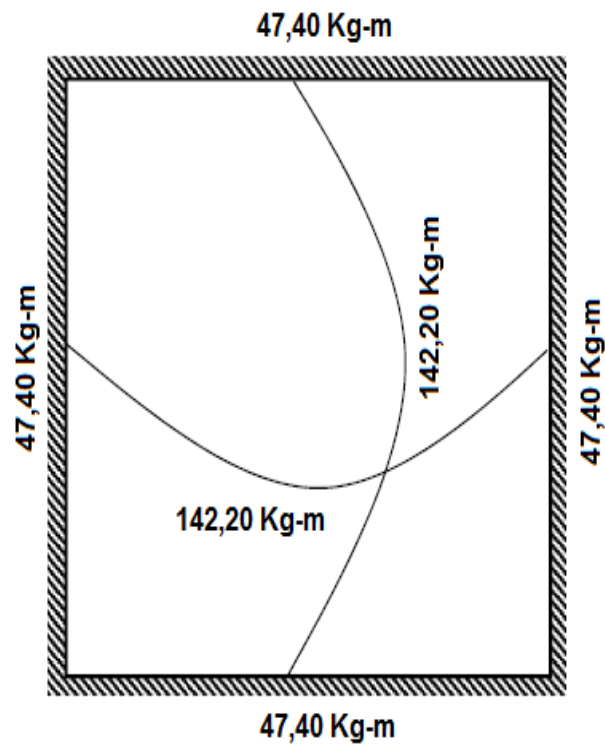
$$M_{(a,b)}^- = 1/3 M^+$$

$$M_a^+ = 0,036(462)(2,50)^2 + 0,036(170)(2,50)^2 \longrightarrow M_a^+ = 142,20 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_b^+ = 0,036(462)(2,50)^2 + 0,036(170)(2,50)^2 \longrightarrow M_b^+ = 142,20 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{(a,b)}^- = 1/3 M^+ \longrightarrow M_{(a,b)}^- = 1/3 (142,20) \quad M_{(a,b)}^- = 47,40 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Figura 28. Diagrama de momentos en la losa del tanque de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

- Refuerzo de losa

Para protección de la armadura contra la acción del clima y otros efectos se diseñara con un recubrimiento de 2,5 centímetros, para una franja de 1 metro.

$$d = t - \text{Rec.}$$

Donde:

d = peralte

t = espesor de losa

Rec = recubrimiento

$$d = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

- Cálculo de refuerzo mínimo requerido

$$A_{smin} = 40\% \left(\frac{14,1}{f_y} \right) * 100 * d$$

Donde:

A_{smin} = área de acero mínima

d = peralte

f_y = esfuerzo del acero

$$A_{smin} = 0,40 \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 7,50 = 1,51 \text{ m}^2$$

- Cálculo del espaciamiento máximo entre varillas

$$S_{m\acute{a}x} = 3 * t = 3 * 0,10 = 0,30 \text{ m}$$

- Cálculo del espaciamiento, proponiendo varilla núm. 3, grado 40

$$1,51 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{0,71}{1,51} * 100 = 47,01 \text{ cm} = 45 \text{ cm} > S_{\text{máx}}$$

Entonces se tomará un espaciamiento de 30 centímetros.

- Cálculo de la nueva área de acero mínimo con el espaciamiento máximo

$$\begin{array}{l} \text{Asmín} \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 30 \text{ cm} \end{array}$$

$$\text{Asmín} = \frac{100}{30} * 0,71 = 2,37 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del momento que resiste el área de acero mínimo

$$\text{Momento de Asmín} = \phi * \text{Asmín} * f_y \left[d - \frac{\text{Asmín} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right]$$

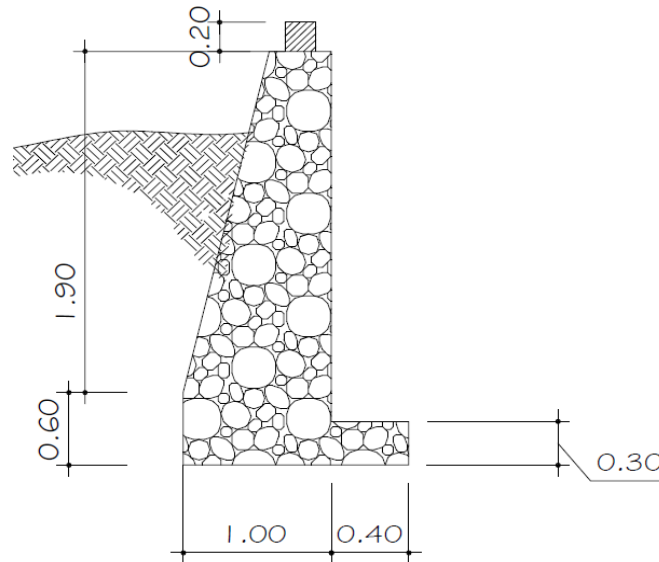
$$\text{Asmín} = 0,9 * 2,37 * 2810 \left[7,5 - \frac{2,37 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right] = 438,35 \text{ Kg} - \text{m}$$

Como se puede observar, el momento que resiste el área de acero mínimo es mayor que los momentos que actúan en la losa, por lo tanto, por criterio se propone un armado con varilla núm, 3 con espaciamiento de 20 cm.

- Diseño de muro del tanque

Las paredes del muro se diseñará como muro de contención por gravedad, como las dimensiones del tanque son iguales, los cuatro muros tendrán las mismas cargas.

Figura 29. **Detalle de muro del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

Muro A-B

$$\text{Carga Total } W_t = \frac{2,5 * 632}{2,5} + 0,30 * 0,20 * 2400 = 776 \text{ Kg/m} = 0.80 \text{ T/m}$$

- Cálculo

Datos:

f'_c = resistencia a compresión del concreto = 210 Kg/cm²

f_y = esfuerzo de fluencia del acero grado 40 = 2 810 Kg/cm²

γ_c = peso específico del concreto = 2,4 T/m³

γ_s = peso específico del suelo = 1,4 T/m³

V_s = valor soporte del suelo = 15 T/m²

γ_a = peso específico del agua = 1 T/m³

ϕ = coeficiente de rozamiento = 30°

H = 1,60 m

H = 0,60 m

- Los coeficientes activo y pasivo respectivamente serán:

$$K_a = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} = \frac{1 - \text{sen } 30}{1 + \text{sen } 30} = 1/3$$

$$K_p = \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi} = \frac{1 + \text{sen } 30}{1 - \text{sen } 30} = 3$$

- Las presiones horizontales a una profundidad h del muro son:

$$\text{Presión de la tierra} = K_p * \gamma_s * h = 3 * 1,4 * 0,60 = 2,52 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Presión del agua} = K_a * \gamma_a * H = 1/3 * 1 * 1,60 = 0,53 \text{ T/m}^2$$

- Las cargas totales de los diagramas de presión son:

$$\text{Presión total de la tierra} = \frac{1}{2} (\text{presión de la tierra}) h = \frac{1}{2} * 2,52 * 0,6 = 0,75 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Presión total del agua} = \frac{1}{2} (\text{presión del agua}) H = \frac{1}{2} * 0,53 * 1,60 = 0,42 \text{ T/m}^2$$

- Los momentos al pie del muro serán:

$$\text{Momento por la tierra} = (\text{presión total de la tierra}) * \frac{h}{3} = 0,75 * \frac{0,60}{3} = 0,15 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Momento por el agua} = (\text{presión total del agua}) * \frac{H}{3} = 0,42 * \frac{1,60}{3} = 0,22 \text{ T/m}^2$$

Tabla XV. **Cálculo de momentos actuantes**

Fig.	Área (m ²)	Peso específico (T/m ³)	Peso (T/m)	Brazo (m)	Momento (T-m)
1	0,57	2,40	1,37	0,85	1,17
2	0,67	2,40	1,61	0,47	0,76
3	0,30	2,40	0,72	0,50	0,36
4	0,42	2,40	1,01	0,70	0,71
5	1,50	1,00	1,50	1,50	2,25
			ΣW= 9,75 T/m	Σ= 5,25 T-m	

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo de estabilidad contra volteo

$$\text{Fuerza de volteo} = \frac{\sum M_{resist}}{\sum M_{actua}} = \frac{M_{tierra} + M_{total}}{M_{agua}} = \frac{0,15 + 5,25}{0,22} = 24,55 > 1,5$$

Como la fuerza de volteo es mayor a 1,5 entonces si chequea por volteo.

- Chequeo de estabilidad contra deslizamiento

$$\text{Fuerza de desliz.} = \frac{\sum F_{resist}}{\sum F_{actua}} = \frac{P_{tierra} + \mu * W}{P_{agua}} = \frac{0,75 + 0,40 * 6,21}{0,42} = 7,70 > 1,5$$

La fuerza de deslizamiento es mayor que 1,5 entonces si chequea por deslizamiento.

- Chequeo de presión máxima bajo la base del muro

La distancia X a partir de la esquina inferior izquierda del muro (a) donde actúan las cargas verticales será:

$$X = \frac{\sum Ma}{\sum W} = \frac{M_{tierra} + M_{peso} + M_{agua}}{\sum W} = \frac{0,15 + 5,25 + 0,22}{6,21} = 0,90$$

$$3 * X = 3 * 0,90 = 2,70 \text{ m} > L = 1,40 \text{ m}$$

Como 2,70 m es mayor que la longitud de lavase del muro (L = 1,40 m), no existen presiones negativas.

$$\text{La excentricidad } \varepsilon = X - \frac{L}{2} = 0,90 - \frac{1,40}{2} = 0,20 \text{ m}$$

Por lo tanto, las presiones en el terreno son:

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

Donde:

W = peso en T/m

L = longitud de la base

ε = excentricidad

$$q = \frac{6,21}{1,40} \pm 6 * 0,20 * \frac{6,21}{1,40^2}$$

$$q_{\text{máx}} = 8,24 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\text{máx}} < 15,00 \text{ T/ m}^2$$

$q_{\text{máx}} < q_{\text{soporte}}$, Por lo tanto, si chequea la presión máxima bajo el suelo.

3.14. Diseño de la línea de distribución

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el punto de consumo (conexión predial). La función principal es, brindar un servicio eficiente en forma continua, en cantidad suficiente y desde luego con calidad sanitariamente aceptable. Para el diseño de la red de distribución se deben considerar los siguientes criterios:

- Garantizar el período de diseño para el buen funcionamiento, de acuerdo con el máximo consumo horario.
- La distribución de caudales, debe hacerse mediante criterios que estén acordes con el consumo real de la localidad.
- Dotar de accesorios y obras de arte necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, de acuerdo con las normas establecidas y para facilitar su mantenimiento.
- Tomar en cuenta la carga disponible o diferencia de presiones.
- Considerar el tipo de tubería para soportar las presiones hidrostáticas.
- Considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto.

Para el diseño de las redes de distribución, se aplicó el método de redes abiertas, debido a que las viviendas están dispersas, se mostrará a continuación el cálculo de un tramo, luego se presentará el resumen hidráulico de la distribución completa.

- Diseño del ramal de E-112 A E-120

Cota del terreno E-112 = 4 855,14

Cota del terreno E-120 = 4 796,32

Diferencia de cotas = 4 855,14 – 4 796,32 = 58,82

Longitud = 122,65 * 1,05 = 128,78 m

Total de tubos = 22

- Cálculo del caudal

Calcular el caudal de vivienda, luego el caudal de uso simultáneo, y luego el caudal unitario. Se utiliza el mayor de los tres caudales para el caudal de diseño.

- Caudal de vivienda

$$Q_v = \frac{Q_{\text{máxH}}}{\text{núm. viviendas}} = \frac{0,65}{40} = 0,016 \text{ L/s}$$

- Caudal de uso simultáneo

$$Q_1 = K \sqrt{(N-1)} = 0,15 \sqrt{(4-1)} = 0,26 \text{ L/s}$$

- Caudal unitario

$$Q_2 = \frac{f_{dm} * f_{hm} * d * N * n}{86\,400} = \frac{1,3 * 2,5 * 50 * 4 * 6}{86\,400} = 0,045 \text{ L/s}$$

Se utiliza el caudal de uso simultáneo $Q = 0,26 \text{ L/s}$

- Cálculo del diámetro teórico de tubería

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{H_f * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga por fricción (m)

L = longitud de la tubería (m)

Q = caudal (L/s)

Ø = diámetro de tubería (plg)

C = coeficiente de rugosidad (para PVC se usara 140)

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 * 128,78 \text{ m} * (0,26 \text{ L/s})^{1,85}}{58,82 \text{ m} * (140)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 0,50 \text{ plg.}$$

Los diámetros comerciales a utilizar son de ½" y de ¾".

- Cálculo de la pérdida para cada diámetro propuesto

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

$$H_{f,0,5"} = \frac{1\,743,811 * 128,78 * (0,26 \text{ L/s})^{1,85}}{(140)^{1,85} * (0,50)^{4,87}} = 58,17 \text{ m}$$

$$Hf_{0,75"} = \frac{1\,743,811 * 128,78 * (0,26\text{L/s})^{1,85}}{(140)^{1,85} * (0,75)^{4,87}} = 8,08 \text{ m}$$

Por criterio se utilizará tubería de diámetro de ¾" y se requieren 22 tubos.

- Cálculo de la cota piezométrica

Inicial = 4 855,14

Final = Cp. Inicial – Hf

Final = 4 855,14 – 8,08 = 4 847,06 m

- Calculo de la presión dinámica

Cota piezométrica = 4 847,06

Final = 4 796,32

Presión dinámica = 4 847,06 – 4 796,32 = 50,74 m

El siguiente tramo de la línea de distribución, fue diseñado según estos cálculos y con base en una hoja de cálculo del paquete de computadora Excel[®]; se presentan los resultados en el apéndice 3.

3.15. Sistema de potabilización

El sistema de potabilización tiene como fin proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios. Según resultados del examen bacteriológico y fisicoquímico, el agua cumple satisfactoriamente con las Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua; y no exige más que un simple tratamiento de desinfección.

- Sistema de desinfección

Según se planteó y por criterios de salubridad, el sistema de abastecimiento del caserío Chichicaste, tendrán un sistema de desinfección. Este sistema será relativamente sencillo y funcional; el tanque de distribución tendrá su propio hipoclorador tipo EMPAGUA (Empresa Municipal de Agua de Guatemala).

- Materiales

Entre los materiales a utilizar estarán, un tinaco plástico de 750 litros de capacidad. El volumen del tinaco fue determinado en función del caudal de conducción calculado, para el sistema que fue de 0,35 litros por segundo; para caudales menores a 2 litros por segundo es necesario un tinaco del volumen en mención.

El dosificador está formado por un niple de tubo de polivinilo (PVC), de 2 pulgadas de diámetro y de 15 centímetros de largo. En cada extremo del niple de PVC, se coloca un tapón hembra del mismo diámetro. Al tapón hembra de la parte superior, se le perfora un agujero en el centro de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro, que es por donde pasará el tornillo de plástico que sujetará el niple con el flotador. Al tapón hembra en la parte inferior, se le abre a un costado, una ranura dosificadora de 1 centímetro de ancho por 2 pulgadas de largo; así como, se le perfora un agujero en el centro de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro para colocar y pegar con silicón la manguera flexible para que pase la solución hacia el tanque de distribución.

Al niple se le perforan de 2 a 4 agujeros de $\frac{1}{4}$ de pulgada, de manera que al colocar el tapón hembra con la ranura dosificadora, queden los agujeros al centro de la misma y la solución pase sin obstáculos hacia el flujo hídrico.

Estos agujeros sirven para variar la dosificación a través del caudal que se logre con cada uno de los mismos. El flotador consiste en un plato hermético de plástico Guateplast® de aproximadamente 24,5 centímetros de diámetro, al cual se le coloca adentro dos círculos de duroport de ½ pulgada de espesor para mayor flotabilidad. Este elemento se adhiere por el centro al dosificador a través de uniones con silicón transparente, así como, la tapadera del plato hermético.

- Preparación de solución

Para cada sistema de abastecimiento se necesitará 55,30 litros por día de hipoclorito líquido a un 70 %; por tanto, la preparación de soluciones de hipoclorito de calcio debe hacerse en forma separada, utilizando para ello un recipiente limpio de 5 galones de capacidad y lleno de agua, se agregan 2 libras de hipoclorito (para un volumen de solución de 600 galones).

La mezcla recomendada anteriormente, será de hipoclorito de calcio al 70 %. Seguidamente, con una paleta, se procede a remover la solución, con el objetivo que se diluya correctamente. Luego, se deja en reposo por espacio de una hora y media, para que sedimente la parte inerte que puede causar obstrucciones. Clorada la solución, se vacía dentro del tinaco, previamente lleno de agua. La solución debe estar en contacto con el agua de los tanques de distribución, por un período de dos horas, antes de que circule por las redes de distribución (este tiempo de espera será únicamente cuando se inicia el proceso de cloración).

- Aplicación de solución y ubicación del hipoclorador

La caída de la solución de hipoclorito de calcio al tanque, deberá ser normal a la entrada de agua procedente de la línea de conducción, es decir,

que la solución procedente de la manguera flexible del dosificador deberá caer perpendicularmente sobre el chorro de agua para lograr una mezcla en un tiempo relativamente corto. La ubicación del hipoclorador podrá ser encima de la losa del tanque de distribución (por accesibilidad y fácil manejo).

3.16. Obras hidráulicas

Utilizadas en la línea de conducción y distribución se tiene una caja de captación, pasos aéreos y de zanjones, cajas unificadoras de caudal, cajas distribuidoras de caudal y cajas para válvulas.

- Caja de captación

Obra hidráulica que tiene como fin recolectar el agua necesaria para luego trasladarla al tanque de distribución. Su objetivo principal es dotar al tanque de almacenamiento de flujo de agua previsto durante todo el año. El tipo de obra que se puede emplear, depende de la fuente y estas son las siguientes:

- Manantial de ladera: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento horizontal del agua en uno o varios puntos definidos.
- Manantial con fondo concentrado: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento vertical en un punto definido.
- Manantial de fondo difuso: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento en zonas verticales en un área extensa.
- Galerías de infiltración: son usadas en caso de fuentes subsuperficiales o en aquellas fuentes superficiales que no reúnen condiciones de potabilidad requeridas o que tiene una turbidez por encima de los límites establecidos por las normas. Constituyen un método de captación indirecta, en el cual se aprovecha la filtración

natural para mejorar las condiciones de potabilidad del agua superficial. Pero en el área rural su uso es limitado debido a su alto costo de construcción y lo difícil de su mantenimiento.

- Pozos escavados: se emplean en casos de fuentes del subsuelo o para la captación indirecta de aguas superficiales, cuando la contaminación y turbidez está por encima de los límites aceptados.
- Pozos perforados: estos tienen la característica de que se usan cuando la fuente se encuentra muy profunda.
- Aguas superficiales: estas aguas son captadas a nivel superficial y poseen en su mayoría agua de lluvia, pero además poseen aguas que corre por el suelo o que brota de la tierra.

- Pasos aéreos

Los pasos aéreos se utilizan para superar obstáculos naturales como barrancos, ríos, quebradas, entre otros. Los pasos aéreos están constituidos por dos torres de concreto reforzado debidamente cimentadas que sostienen un cable de acero, el cual va sujetando a dos pesos muertos (anclajes) que están enterrados uno a cada lado; esto con la finalidad de que este cable cuelgue por medio de péndolas. Para el proyecto se ubicarán 2 pasos aéreos de 42 metros de longitud, 2 pasos aéreos de 40 metros de longitud y 2 pasos aéreos de 20 metros de longitud.

Tabla XVI. **Localización de pasos aéreos del sistema de abastecimiento de agua potable**

Pasos aéreos Luz = 42 ml		Pasos aéreos Luz = 40 ml		Pasos aéreos Luz = 20 ml	
Inicio de paso	Fin de paso	Inicio de paso	Fin de paso	Inicio de paso	Fin de paso
E - 7	E - 9	E - 47	E - 48	E - 91	E - 92
E - 81	E - 82	E - 64	E - 65		

Fuente: elaboración propia.

- **Válvulas**

Son accesorios que se utilizan en las redes de distribución para controlar el flujo y se pueden clasificar en función de la acción específica que realizan. Las válvulas más comunes en una red de distribución son las válvulas de limpieza, válvulas de aire, válvulas de compuerta y válvulas de globo.

- **Válvula de limpieza**

Es una instalación especial que sirve para extraer los sedimentos que se pudieran depositar en las partes bajas de la tubería, cuenta con una válvula de compuerta que está conectada a un tubo de expulsión de diámetro mínimo de 2 pulgadas. En este proyecto se ubicarán en el punto más bajo entre las estaciones.

- **Válvula de aire**

Son válvulas cuya función es permitir el escape del aire que se acumula en las partes altas de las tuberías. Existen diferentes tipos de estas válvulas,

pero las utilizadas para sistemas de agua potable deben ser de inclusión y expulsión.

- Válvula de compuerta

Es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana, que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Se aplica para una apertura total o cierre total del agua, no es utilizada para regular el caudal de agua y no debe de ser usada frecuentemente.

- Válvula de globo

Reciben ese nombre por la configuración del cuerpo. El flujo en esta válvula se dirige hacia arriba o abajo por una abertura circular en el laberinto que se puede cerrar, ya sea al mover un disco reemplazable contra un asiento plano o al introducir un macho metálico cónico en un asiento cónico. La válvula de globo es excelente para regular el flujo en la gama desde moderado hasta flujo pleno.

- Caja rompedora

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, rompiendo o aliviando la presión en la línea de conducción o de distribución. Se evita así la falla de tubería y accesorios, cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máxima de los mismos. La caja disipa la presión en el instante en que el agua tiene contacto con la atmósfera y disminuye súbitamente su velocidad, al haber un cambio drástico de sección hidráulica. La caja rompedora se coloca antes de que la presión estática sobrepase los 80 m.c.a. en la línea de conducción y los 60 m.c.a. en la red de distribución. Estas

fueron colocadas en las estaciones que se indican en planos: (ver planos en anexos)

- Conexión domiciliar

La componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua de la red de distribución al interior de la vivienda. El tipo de distribución para este proyecto es predial, lo cual consiste en la instalación de un chorro en cada vivienda.

- Cajas de registro

Sirven para protección de las válvulas de control, estarán ubicadas en un lugar aislado, sin dejar fuera de servicio una gran extensión de la red, (ver detalles en el apéndice).

3.17. Propuesta de tarifa

Para que el sistema cumpla su funcionamiento y sea autosostenible, se requiere de un fondo de operación y mantenimiento, por lo que se determinó con base a los lineamientos del proyecto de agua, empleando la metodología siguiente:

- Gastos de operación

Para la operación del sistema de agua es indispensable la contratación de los servicios de un fontanero, ya que será él, quien brinde una adecuada operación al sistema, se estima un día a la semana (52 días al año) para mantenimiento preventivo y correctivo, con un salario de Q 80,00 por día,

contratado por servicios personales, por lo que no se aplican prestaciones laborales, el salario anual es de Q 4 160,00 y el salario mensual es de Q 346,67.

$$G_o = Q 346,67 / \text{mes}$$

- Gastos por mantenimiento

Para los gastos por mantenimiento, se debe considerar el mantenimiento preventivo, que servirá para cubrir gastos de reparaciones pequeñas, evitando daños mayores en el sistema. El mantenimiento correctivo se realizará por daños al sistema, debiendo adquirir materiales y accesorios en el menor tiempo posible, es importante que se tenga en bodega materiales y accesorios para cubrir fallas inmediatas en el sistema. El mantenimiento incluye compra de herramienta y equipo necesario para realizar reparaciones al sistema. Para determinar el costo por mantenimiento se debe considerar el período de vida útil del sistema.

$$\text{Costo total del proyecto} = 938 175,30$$

$$4 \text{ por millar} = Q 3 752,70$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = Q 3 752,70 / 21$$

$$G_m = Q 178,70 / \text{mes}$$

- Gastos de tratamiento

Este costo consiste específicamente en la compra de hipoclorito de calcio, no se incluye la aplicación, ya que va incluida en la operación; se calcula de acuerdo a las normas de INFOM-UNEPAR de la siguiente forma:

$$Gt = \frac{(30 * C_{HTH} * Q_{HM} * R_{AC} * 86400)}{45400 * Cc}$$

Donde:

Gt = gasto de tratamiento

C_{HTH} = costo de 100 libras de hipoclorito de calcio

Q_{HM} = caudal máximo horario

R_{AC} = relación agua cloro en una parte por millar

45 400 = gramos en 100 libras

30 = días calendario del mes

Cc = concentración del hipoclorito de calcio al 65%

$$Gt = \frac{(30 * 1500,00 * 0,65 \text{ L/s} * 0,001 * 86400)}{45400 * 0,65}$$

$$Gt = Q.85.64/\text{mes}$$

- Gastos de administrativos

Estos 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 12 % de la suma de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$G_A = 12\% (G_o + G_m + G_t)$$

$$G_A = 0,12(Q346,67/\text{mes} + Q178,70/\text{mes} + 85,64/\text{mes})$$

$$G_A = Q73,32/\text{mes}$$

- Costo de reserva

Se utilizará para cubrir cualquier gasto inesperado tal como: sabotajes y desastres naturales. Y se calcula de la misma manera que el gasto de operación.

$$C_R = 10\% (G_o + G_m + G_t)$$

$$C_R = 0,10(Q 346,67/\text{mes} + Q 178,70/\text{mes} + 85,64/\text{mes})$$

$$C_R = Q 61,10/\text{mes}$$

- Tarifa adoptada

Considerando las características económicas y socioculturales de la comunidad, se optará por aplicar el sistema de tarifa uniforme. En el cálculo de la tarifa se suman los gastos ocasionados en el sistema y se divide por el número de conexiones domiciliarias.

Gasto de operación:	Q 346,67
Gasto de mantenimiento:	Q 178,70
Gasto de tratamiento:	Q 85,64
Gastos administrativos:	Q 73,32
Costo de reserva:	<u>Q 61,10</u>
Total:	Q 745,44

Dividiendo el total de Q 745,44 entre 40 viviendas; da Q 18,64, este valor se puede redondear a Q 19,00.

3.18. Elaboración de planos

El juego de planos del sistema de abastecimiento de agua potable, contiene los siguientes planos:

Tabla XVII. **Planos del sistema de agua potable**

Descripción	Plano
Planta general	1/15
Planta general	2/15
Planta + perfil de conducción del agua	3/15
Planta + perfil de conducción del agua	4/15
Planta + perfil de conducción del agua	5/15
Planta + perfil de conducción del agua	6/15
Planta + perfil de conducción del agua	7/15
Planta + perfil de distribución del agua	8/15
Planta + perfil de distribución del agua	9/15
Planta + perfil de distribución del agua	10/15
Planta + perfil de distribución del agua	11/15
Planta + detalle del tanque de distribución	12/15
Planta + detalle de válvulas	13/15
Planta + detalle de paso aéreo de 20 metros	14/15
Planta + detalle de paso aéreo de 40 metros	15/15

Fuente: elaboración propia.

3.19. Presupuesto del sistema de agua potable

El presupuesto se compone de costos directos e indirectos. Los precios de materiales y de mano de obra se establecen de acuerdo a cotizaciones realizadas. A continuación se muestra un resumen del presupuesto general.

Tabla XVIII. Presupuesto integrado de agua potable

PRESUPUESTO INTEGRADO DE AGUA POTABLE					
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE					
ALDEA CORAL GRANDE, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS					
No.	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1 TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	Limpieza, chapeo y destronque	ml	4 500,00	1,65	7 425,00
1,2	Trazo y replanteo topográfico	ml	4 500,00	2,57	11 565,00
1,3	Bodega provisional	m2	90,00	227,55	20 479,00
1,4	Rotulo de indentificación del proyecto	unidad	1,00	4 083,75	4 083,76
2 CAPTACIÓN					
2,1	Obra de captación	unidad	2,00	19 493,75	38 987,50
2,2	Caja unificadora de caudales	unidad	1,00	22 780,75	22 780,75
3 LINEA DE CONDUCCIÓN					
3,1	Tubería PVC Ø 1 1/2" de 160 PSI	ml	1 075,00	61,25	65 843,50
3,2	Tubería PVC Ø 1" de 160 PSI	ml	3 003,00	56,90	170 870,75
4 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN					
4,1	Tanque de distribución de 10.00 m3	m3	1,00	38 873,00	38 873,00
5 LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN					
5,1	Tubería PVC Ø 1 1/2" de 160 PSI	ml	1 080,00	Q 64,60	69 768,00
5,2	Tubería PVC Ø 1" de 160 PSI	ml	408,00	Q 61,55	25 112,40
5,3	Tubería PVC Ø 3/4" de 160 PSI	ml	876,00	Q 59,60	52 209,60
6 CAJA PARA VÁLVULAS					
6,1	Caja válvula de aire de Ø 1 1/2"	unidad	3,00	2 929,75	8 789,25
6,2	Caja válvula de aire de Ø 1"	unidad	3,00	2 798,80	8 396,40
6,3	Caja válvula de limpieza de Ø 1 1/2"	unidad	3,00	2 881,15	8 643,45
6,4	Caja válvula de limpieza de Ø 1"	unidad	4,00	2 586,50	10 346,00
6,5	Caja válvula de globo de Ø 1 1/2"	unidad	1,00	2 998,00	2 998,00
6,6	Caja válvula de globo de Ø 3/4"	unidad	1,00	2 774,00	2 774,00
6,7	Caja rompresión de Ø 1"	unidad	1,00	3 917,00	3 917,00
7 CONEXIÓN DOMICILIAR					
7,1	Conexión domiciliar	vivienda	40,00	1 580,85	63 234,00
8 PASOS AÉREOS					
8,1	Paso aéreo de 42,00 mts	unidad	2,00	66 862,00	133 724,00
8,2	Paso aéreo de 40,00 mts	unidad	2,00	66 862,00	133 724,00
8,3	Paso aéreo de 20,00 mts	unidad	2,00	36 768,00	36 768,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					941 313,00
En dólares, tipo de cambio \$ 1,00 = Q 7,47					126 012,45

Fuente: elaboración propia.

3.20. Cronograma de ejecución

Es la secuencia lógica de las actividades de ejecución del proyecto, se muestra en forma resumida en la tabla XVIII.

Tabla XIX. Cronograma de ejecución e inversión

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN E INVERSIÓN									
No.	Descripción	1	2	3	4	5	6	Monto	Porcentaje
1	Trabajos preliminares	■						Q. 43,553.25	4.64%
2	Captación	■	■					Q. 61,788.25	6.58%
3	Línea de conducción		■	■				Q. 233,400.60	24.88%
4	Tanque de distribución			■				Q. 38,873.00	4.14%
5	Línea de distribución				■	■		Q. 147,090.00	15.68%
6	Caja para válvulas		■					Q. 46,040.19	4.91%
7	Conexión domiciliar		■				■	Q. 63,234.00	6.74%
8	Pasos aéreos		■					Q. 304,215.99	32.43%
								Q. 938,175.3	100%

Fuente: elaboración propia.

3.21. Evaluación de impacto ambiental

En la tabla XX se describe la evaluación de impacto ambiental II.

Tabla XX. Evaluación de impacto ambiental II



EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL

(Formato propiedad del MARN)

Para uso interno del MARN	
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o subinciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:	
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento	
<p>El proyecto llevara la siguiente identificación “Sistema de Abastecimiento de Agua Potable que se realizará en caserío Chichicaste, aldea Chim, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos”. El cual consiste en la construcción de un tanque de distribución de 10 m³ de concreto ciclópeo, con el objeto de cubrir la demanda existente y mejorar el servicio de agua potable, el cual vendrá a beneficiar en forma directa a un aproximado de 240 habitantes (hombres, mujeres y niños) del caserío Chichicaste quienes podrán contar con el vital líquido en calidad y frecuencia. Para la realización del sistema de abastecimiento de agua potable se tienen contemplado los siguientes renglones de trabajo: 5 500 metros lineales de limpieza, chapeo y destronque, 5 500 metros lineales de trazo y replanteo topográfico, 90 metros cuadrados de bodega provisional, 1 unidad de rotulo de identificación del proyecto, 2 unidad de obra de captación, 1 unidad de caja unificadora de caudales, 876 metros lineales de tubería pvc de Ø 1 ½”, 408 metros lineales de tubería pvc de Ø 1 ¼”, 876 metros lineales de tubería pvc de Ø ¾”, 6 unidades de caja de válvula de aire, 7 unidades de caja de válvula de limpieza, 2 unidades de caja de válvula de globo, 1 unidad de caja romp presión, 40 unidades de conexión domiciliar, 2 unidades de paso aéreo de 42 metros, 2 unidades de paso aéreo de 40 metros, 1 unidad de paso aéreo de 20 metros, Durante la operación se realizaran actividades de mantenimiento tales como, limpieza de la captación, limpieza de caja de válvulas, limpieza de tanque de distribución, revisión de las tuberías, estos trabajos estarán a cargo de las autoridades comunitarias con el apoyo de todas las personas que estarán beneficiadas con el vital líquido que almacenara este proyecto.</p>	

Continuación de la tabla XX.

I.2. Información legal:		
A) Nombre del Proponente o Representante Legal:		
LIC. CARLOS ENRIQUE BAUTISTA GODINES (ALCALDE MUNICIPAL)		
C) De la empresa:		
Razón social:		
Nombre Comercial:		
No. De Escritura Constitutiva: _____		
Fecha de constitución: _____		
Patente de Sociedad	Registro No. _____	Folio No. _____ Libro No. _____
Patente de Comercio	Registro No. _____	Folio No. _____ Libro No. _____
No. De Finca _____	Folio No. _____	Libro No. _____
de _____		
_____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.		
Número de Identificación Tributaria (NIT): 4236289		
I.3 Teléfono: 77601213 Correo electrónico: munisanpedrosm@munishecana.gob.gt		
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:		
CASERIO CHICHICASATE, ALDEA CHIM, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas WGS84	Datum
Este (X) 283979,4	Latitud Norte 14° 54' 59,91"	
Norte (Y) 1548638,7	Longitud Oeste 91° 44' 59,96"	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)		
6ª. AVENIDA 5-40 ZONA 1 MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo:		
Ingeniero Agrónomo		JULIO CESAR NAVARRO
Encargado Departamento de Áreas Protegidas y Bosques municipales		MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes: Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono

Continuación de la tabla XX.

<ul style="list-style-type: none"> - Actividades a realizar: trazo y replanteo, rotulo de identificación, captación, excavación, muro de concreto ciclópeo, losa + tapadera, válvulas + accesorios, excavación línea de conducción tubo de pvc de Ø 1 1/2", línea de conducción tubo pvc Ø 1 1/4", línea de conducción tubería pvc de Ø 3/4", relleno, tanque de distribución 10.00 m³, excavación, muro de concreto ciclópeo, solera corona, losa, tapadera, alizado, limpieza final. - Insumos necesarios: cemento, arena de río, pedrín, piedra bola, hierro, cal, material granular, combustible, palas, piochas, carretas. - Maquinaria: mezcladora de concreto. - Otros de relevancia <p>** Adjuntar planos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades o procesos: limpieza de la captación, limpieza de caja de válvulas, limpieza de tanque de distribución, limpiar alrededor de los muros de concreto ciclópeo, revisión de la línea de conducción, revisión de las tapaderas, limpieza final. - Materia prima e insumos: cemento, arena de río, pedrín, material granular, piedra bola, hierro, combustible. - Maquinaria: fundición. - Productos y subproductos (bienes o servicios): mejorar la calidad de vida en la comunidad. - Horario de trabajo: Los trabajos de operación se realizaran de 8:00 a 16:00 horas. - Otros de relevancia: No es necesario otro tipo de trabajo a parte de los mencionados en esta sección de este instrumento. 	<ul style="list-style-type: none"> - acciones a tomar en caso de cierre: En caso de desastres naturales realizar la evaluación correspondiente, realizar la gestión para la construcción de un nuevo tanque si fuera por colapso de tubería, cambiar toda la tubería.
---	--	--

II.3 Área

- d) Área total de terreno en metros cuadrados: 5 500 metros
- e) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 5 00 metros
- f) Área total de construcción en metros cuadrados: 5 500 metros

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE Terrenos
 SUR Terrenos
 ESTE Terrenos OESTE Terrenos

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Terrenos	Norte	1.00 metro
Terrenos	Sur	1.00 metro
Terrenos	Este	1.00 metro
Terrenos	Oeste	1.00 metro

Continuación de la tabla XX.

II.5 Dirección del viento:							
El viento en Caserío Chichicaste sopla de Norte a Sur generalmente							
II.7 Datos laborales							
a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____							
b) Número de empleados por jornada <u>8 trabajadores</u> Total empleados <u>8 trabajadores</u>							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, ENTRE OTROS...							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, ENTRE OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	Si	5,252 litros de agua en todo el tiempo que llevara la ejecución de los trabajos. Se almacenará 12.00 metros cúbicos de agua.	Se utilizará del mismo sistema de agua que está mejorando .	Para humedecer formaletas, para las pruebas de las tuberías, para la preparación de los diferentes concretos.	Para la realización de todas las actividades se utilizará agua limpia, el agua que servirá para las actividades del proyecto.	Durante el tiempo de la realización de los trabajos se almacenará agua en toneles metálicos con su respectiva tapadera.
	Pozo	Si	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Agua especial	Si	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Superficial	Si	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Combustible	Otro	Si	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Gasolina	Si	46 litros en toda la etapa de la realización de los trabajos, en la etapa del funcionamiento no se utilizará gasolina.	Gasolinera más cerca al área del proyecto.	Le servirá al camión que transporta los materiales hasta la comunidad .	El abastecimiento será en la gasolinera para evitar todo tipo de inconvenientes.	No se almacenará combustible en la etapa de construcción.
	Diesel	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Bunker	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Glp	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
	Otro	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Lubricantes	Solubles	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno

Continuación de la tabla XX.

	No solubles	No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Refrigerantes		No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
Otros		No	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno
NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia							
III. IMPACTO AMBIENTAL							
GASES Y PARTICULAS							
<p>III.1 Las acciones u operaciones de la actividad, producen gases o partículas (ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, entre otros.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p>Durante la excavación para la colocación de la tubería se producirá polvo. Durante el relleno se producirá polvo. Durante la descarga de material de construcción.</p>							
MITIGACION							
<p>III.2 ¿Qué se está haciendo o que se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o los trabajadores?</p> <p>Rellenar al momento de colocar la tubería después de haber hecho las pruebas respectivas. La descarga de materiales se realizará antes de afluencia de personas. No mantener más de 24 horas el material de desperdicio en el área del proyecto. Los albañiles cuando utilicen cemento deberán utilizar mascarilla.</p>							
RUIDO Y VIBRACIONES							
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ninguna operación o trabajo a realizar durante la construcción no producirá ningún sonido fuerte o movimiento que pueda causar problemas en el vecindario de la comunidad.</p>							
<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o la vibración (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros.)</p> <p>El zanjeo será de tipo manual por lo tanto no producirá ningún sonido o vibración. La colocación de tubería, el relleno y la construcción del tanque no producirá sonido o algún tipo de molestias.</p>							
<p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomaran para evitar que el ruido o las vibraciones afecten el vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Ningún trabajo a realizar afectara con ruidos o movimientos al vecindario y trabajadores.</p>							
OLORES							
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, entre otros.) explicar con detalle la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>El zanjeo, el relleno, la colocación de tubería, la construcción del tanque no emiten ningún tipo de olor descritos en este inciso.</p>							
<p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>Durante la construcción no se dispersara ningún tipo de olor. En la operación no se sentirá ningún tipo de olor.</p>							
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA							

Continuación de la tabla XX.

<p>AGUAS RESIDUALES CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, que tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>e) <u>Ordinarias:</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) Durante la construcción no se generará ningún tipo de aguas residuales generadas por actividades domésticas. Los trabajadores se hospedarán en viviendas cercanas al proyecto. Durante la operación no se tendrá el inconveniente con este tipo de aguas.</p> <p>f) <u>Especiales:</u>(aguas residuales generadas por servicios públicos, actividades de servicios industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) este proyecto no producirá aguas residuales de carácter público durante la etapa del proyecto.</p> <p>g) <u>Mezcla de las anteriores:</u> No existe ningún tipo de mezclas.</p> <p>h) <u>Otro:</u></p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de agua residual generado: El proyecto durante la construcción no producirá ningún tipo de aguas residuales. Las viviendas producen en la comunidad 30 litros de aguas sanitarias. Las aguas de piletas se desfogan en los terrenos de cultivo. Cada vivienda tiene su propia letrina por falta de un sistema de alcantarillado en ese sector.</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios: cada vivienda tiene su propia letrina.</p> <p><u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u></p> <p>IV.3 Describir qué tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas generadas por la actividad.</p> <table><tr><td>f) Sistema de tratamiento</td><td>Ninguno</td></tr><tr><td>g) Capacidad</td><td>Ninguno</td></tr><tr><td>h) Operación y mantenimiento</td><td>Ninguno</td></tr><tr><td>i) Caudal a tratar</td><td>Ninguno</td></tr><tr><td>j) Etc.</td><td>Ninguno</td></tr></table> <p><u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u></p> <p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior. De pilas y lavatrastos se desfogan en terrenos y zanjones cercanos. Para las necesidades fisiológicas cada vivienda tiene su propia letrina.</p> <p><u>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</u> <u>IV.5 Explicar la forma de captación de aguas de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros.)</u> Las aguas pluviales son captadas por las cunetas de las calles y los terrenos de cultivo y posteriormente son desfogados al cuerpo receptor más cercano.</p>	f) Sistema de tratamiento	Ninguno	g) Capacidad	Ninguno	h) Operación y mantenimiento	Ninguno	i) Caudal a tratar	Ninguno	j) Etc.	Ninguno
f) Sistema de tratamiento	Ninguno									
g) Capacidad	Ninguno									
h) Operación y mantenimiento	Ninguno									
i) Caudal a tratar	Ninguno									
j) Etc.	Ninguno									

<p>V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</p> <p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) <u>NO APLICA el proyecto no utilizará energía eléctrica.</u></p> <p>V. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público: <u>No aplica</u></p>

Continuación de la tabla XX.

<p>b) Generación propia: _____ No aplica _____</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <u>X</u> _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? No aplica no se utilizará energía eléctrica en la construcción y operación del proyecto.</p>
<p>VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p> <p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: No aplica el proyecto mejorara la infraestructura vial y medio ambiente en el camino y a los vecinos les brindara un camino con infraestructura adecuados para ser utilizada en cualquier época del año.</p>
<p>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos (X)</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio ()</p> <p>e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? Esta actividad o proyecto esta propenso a deslizamiento en época de invierno por la ubicación del nacimiento que es una zona montañosa.</p>
<p>VI.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: En caso de algún tipo de accidente el proyecto la plantilla de trabajadores será cubierto por el IGSS según contrato que se firma con la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, previo al inicio de trabajos en el proyecto, la empresa constructora está obligada a proporcionar la seguridad de los trabajadores con guante, cascos, mascarillas, botas, chalecos y lentes, además de una señalización adecuada para no afectar a los transeúntes o vecinos del sector.</p>
<p>VI.4 Equipo de protección personal</p> <p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Guantes, mascarillas, chalecos, lentes, botas.</p> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Inscribir a la plantilla de los trabajadores del proyecto al IGSS por cualquier accidente que ocurra, señalar bien la construcción del proyecto para evitar que la población sea afectada.</p>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

CONCLUSIONES

1. El proyecto que se presenta será de mucha importancia para el caserío Chichicaste, ya que su sistema actual no permite que la totalidad de su población tenga acceso al vital líquido. El sistema y diseño que se presenta, mostrará el servicio para el período de diseño de 21 años, en cantidad de agua suficiente y de mejor calidad.
2. El caserío Alta Vista se beneficiará con la realización del puente vehicular, ya que este les proporcionará facilidad de locomoción y generará nuevas fuentes de empleo y será un factor de impulso para activar la economía de la comunidad.
3. El costo total del puente vehicular es de Q 1 553 596,20 con un costo por metro lineal de Q 77 679,81 para una longitud de 20 metros, mientras que para el sistema de abastecimiento de agua potable es de Q 941 313,00 con un costo por metro lineal Q 171,15 para una longitud de 5 500,00 metros.
4. El impacto ambiental que generan los proyectos se deberá a los desechos de los materiales utilizados en la construcción, estos serán mínimos y a corto plazo (período de ejecución de los proyectos). El impacto ambiental a largo plazo se verá reflejado en el cambio visual del ambiente que se generará en el lugar específico de la construcción, por lo tanto su ejecución es viable.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez y a las comunidades beneficiadas.

1. Durante la construcción de los proyectos debe ser supervisada por personal especializado, para cumplir las especificaciones de la misma y así poder garantizar la función y el tiempo de durabilidad para los mismos.
2. Gestionar más fuentes de apoyo económico externas a la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, por parte de los pobladores para facilitar la ejecución de los proyectos y así darle viabilidad al mismo.
3. Ejecutar acciones a través del consenso con autoridades locales para mantener en buen estado las obras.
4. Mediante el involucramiento en la ejecución del proyecto, los miembros de la comunidad en coordinación con instituciones deberán crear mesas de diálogo y gestión de proyectos de infraestructura, para lograr el empoderamiento comunitario, avalado por la municipalidad.
5. Disponer de personas de la comunidad que se involucren directamente en el proceso constructivo, para reducir costos de mano de obra y crear fuentes de trabajo para los habitantes de dicha comunidad.

6. Se deben adoptar medidas para la reducción de riesgos, como el colapso de líneas de conducción y distribución, disminución del caudal disponible debido a la pérdida de la cobertura vegetal del área de recarga, la aceleración en el crecimiento poblacional. También se deberán monitorear los elementos estructurales de los proyectos tales como la observancia de socavamiento en la cimentación, sobre todo después de un evento extremo.

7. Velar por el buen uso de las obras, para que las mismas alcancen satisfactoriamente su tiempo de servicio a la comunidad, y así evitar daños innecesarios que perjudiquen las necesidades que solventan cada proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*
Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos,
Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes.
*Especificaciones de diseño para puentes utilizando la metodología
del diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)*. Estados
Unidos: AASHTO, 2004. 1 436 p.
3. COGUANOR. *Norma Guatemalteca Obligatoria de Agua Potable*.
NGO 29 001:98. 1a. ed. Guatemala: DRPSA, 2003. 235 p.
4. Comité ACI 318 American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento
para concreto estructural (ACI 328S-05) y comentario (ACI 318SR-
05)*. Estados Unidos: ACI, 2005. 490 p.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones,
Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para
construcción de carreteras y puentes*, Guatemala: Ingenieros
Consultores de Guatemala, 2000. 325 p.
6. Instituto Nacional de Fomento Municipal y Unidad Ejecutora del
Programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de
abastecimiento de agua potable a zonas rurales*: Guatemala
(INFOM-UNEPAR). 1997. 78 p.

7. RODRÍGUEZ SERQUÉN, Arturo. *Puentes*. Con AASHTO-LRFD 2010. 5ª. ed. Perú. 2012. 336 p.
8. DURMAN ESQUIVEL *Tabla de diámetros internos/externos*. Guatemala. 2008, núm. 4, Guatemala: Arweb.

APÉNDICES

Apéndice 1. Plan de gestión ambiental del proyecto de puente vehicular del caserío Alta Vista

Variable ambiental afectada	Fuente generadora de impacto	Impacto ambiental	Medidas de mitigación establecidas	Costo	Responsable de aplicación de medidas
Suelo	Corte, excavaciones para relleno y compactación de plataformas. Levantamiento de suelo.	Cambio en la estructura.	Humedecimiento de las áreas de acumulación de material, colocación de avisos y advertencias; supervisión de la construcción de muro y compactación de suelo; reforestación en el área proyecto con barreras vivas y muertas.	Q 5 000,00	Empresa desarrolladora
Agua	Descarga de aguas usadas.	Contaminación de riachuelo.	Evitar la erosión del material excavado y la extracción de lodos.	Q 500,00	Empresa constructora y municipalidad
	Consumo de agua potable.	Reducción de los caudales de agua.	Campaña de buen uso del recurso de agua.	Q 1 500,00	Empresa constructora Salud Pública
Aire	La construcción y generación de polvo y ruido.	Polvo y partículas al ambiente.	Riego de las áreas de acumulación de materiales, horario de trabajo diurno.	Q 3 000,00	Empresa constructora
Paisaje	Construcción y operación.	Alteración del paso vehicular.	Reforestación de las márgenes de las áreas no utilizadas en la construcción, evitar acumulación de desechos en carretera, campaña de uso y manejo de desechos sólidos.	Q 3 000,00	Empresa constructora

Continuación del apéndice 1.

Variable ambiental afectada	Fuente generadora de impacto	Impacto ambiental	Medidas de mitigación establecidas	Costo	Responsable de aplicación de medidas
Socioeconómico	Construcción, empleo y compra de materiales.	Generación de empleo temporal y medidas de protección.	Capacitar al personal respecto al equipo de protección laboral, compra de materiales de acuerdo a las normas de calidad.	Q 2 000,00	Empresa constructora
Salud	Tratamiento de las aguas y combate de plagas.	Eliminación de vectores y de aguas usadas estancadas.	Uso de equipo y maquinaria en buenas condiciones, colocación de avisos y advertencias, supervisión constante en las actividades, dar información a la población sobre la importancia del manejo de desechos sólidos y su utilización; análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo y descarga.	Q 2 000,00	Empresa constructora y Salud pública
Flora	Construcción.	Destrucción de la cobertura vegetal en el área del proyecto.	Reforestación en áreas aledañas al proyecto con arrayan, carrizo y bambú.	Q2 500,00	Empresa constructora y población
Fauna	Construcción y operación.	Destrucción de hábitats.	Control de cacería ilícita por parte de los trabajadores y control de fogatas.	Q3 000,00	Población residente
El costo de las medidas de mitigación asciende a la cantidad de Q 22 500,00					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Plan de gestión ambiental del proyecto sistema de abastecimiento de agua del caserío Chichicaste**

Variable	Fuente generadora de impacto	Regulación relacionada	Medidas ambientales establecidas	Costo	Responsable de aplicación de medidas
Suelo	Zanjeo, excavaciones para instalación de tubería del sistema de agua	Ley de vivienda y asentamientos urbanos	Humedecimiento de las áreas de acumulación de material. Colocación de avisos y advertencias. Compactación. Reforestación en el área del proyecto.	Q 4 000,00	Empresa ejecutora
Agua	Descarga de aguas usadas en la fase de construcción	Normas COGUANOR	Evitar que el agua residual escurra a riachuelos. Enterrar las deyecciones.	Q 3 000,00	Empresa constructora y municipalidad
	Consumo de agua potable	Código de Salud	Campaña de buen uso del recurso de agua.	Q 2 500,00	Empresa constructora y Salud Pública
Aire	La construcción por generación de polvo y ruido	Ley de protección y mejoramiento del ambiente	Riego de las áreas de acumulación de materiales. Horario de trabajo diurno.	Q 2 000,00	Compañía constructora, Municipalidad de Chinique y COCODE del caserío El Madrón.

Continuación del apéndice 2.

Variable	Fuente generadora de impacto	Regulación relacionada	Medidas ambientales establecidas	Costo	Responsable de aplicación de medidas
Paisaje	Construcción y funcionamiento	Ley de protección y mejoramiento del ambiente	Reforestación de las márgenes de las áreas no utilizadas en el sistema de abastecimiento. Evitar acumulación de desechos en veredas y predios baldíos.	Q1 000,00	Empresa constructora
Socio-económico	Construcción	Código Municipal	Capacitar al personal respecto al sistema de abastecimiento y las especificaciones del proyecto.	Q 1 000,00	Empresa constructora
Salud	Tratamiento de las aguas	Código de Salud	Uso de hipoclorador en buenas condiciones, colocación de avisos y advertencias; dar información a la población, Análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua.	Q 2 000,00	Empresa constructora y Salud pública

Continuación del apéndice 2.

Variable	Fuente generadora de impacto	Regulación relacionada	Medidas ambientales establecidas	Costo	Responsable de aplicación de medidas
Flora	Construcción	Lista roja de CONAP	Reforestación en áreas aledañas al proyecto.	Q 2 500,00	Empresa constructora y población
Fauna	Construcción y funcionamiento	Lista roja del CONAP	Control de cacería ilícita en el área.	Q 500,00	Población residente

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Chichicaste**

CALCULO HIDRAULICO LINEA DE CONDUCCION

EST	P.O.	Cota Inicial	Cota Final	D.H. (m)	Long. real (m)	Hf (m) Disponible	Coefficiente de rugosidad	Caudal (L/s)	Presión de tubería	Tipo de tubería	Diametro teorico (pulg)	Diametro Nominal (pulg)	Diametro Interior (pulg)	Hf (m)	COTA Piezometrica	Presion dinamica disponible	Velocidad (m/s)	Observ.
Capta.	7	4 996,11	4 989,29	129,00	135,45	2,00	140	0,34	160 PSI	PVC	1,12	1,50	1,754	0,22	4 995,89	6,60	0,30	
7	9	4 995,89	4 986,94	42,00	44,10	1,00	100	0,34	1000 PSI	HG	1,16	1,50	1,50	0,29	4 995,60	8,66	0,30	P. AEREO
9	47	4 995,60	4 977,19	684,30	718,52	2,00	140	0,34	160 PSI	PVC	1,57	1,50	1,754	1,18	4 994,42	17,23	0,30	
47	48	4 994,42	4 972,45	40,00	42,00	10,00	100	0,34	1000 PSI	HG	0,72	1,25	1,25	0,67	4 993,75	21,30	0,43	P. AEREO
48	64	4 993,75	4 952,23	972,40	1 021,02	20,00	140	0,34	160 PSI	PVC	1,05	1,00	1,195	10,88	4 982,87	30,64	0,67	
64	65	4 982,87	4 952,60	40,00	42,00	6,00	100	0,34	1000 PSI	HG	0,80	1,00	1,00	1,99	4 980,88	28,28	0,67	P. AEREO
65	74	4 980,88	4 952,60	324,30	340,52	10,00	140	0,34	160 PSI	PVC	0,97	1,00	1,195	3,63	4 977,25	24,65	0,67	C.R.P.
74	81	4 952,60	4 902,74	110,50	116,03	8,00	140	0,34	160 PSI	PVC	0,81	1,00	1,195	1,24	4 951,36	48,62	0,67	
81	82	4 951,36	4 898,67	42,00	44,10	8,00	100	0,34	1000 PSI	HG	0,76	1,00	1,00	2,09	4 949,27	50,60	0,67	P. AEREO
82	91	4 949,27	4 884,04	664,50	697,73	30,00	140	0,34	160 PSI	PVC	0,90	1,00	1,195	7,44	4 941,83	57,79	0,67	
91	92	4 941,83	4 881,23	20,00	21,00	10,00	100	0,34	1000 PSI	HG	0,62	1,00	1,00	0,99	4 940,84	59,61	0,67	P. AEREO
92	Tanque	4 940,84	4 911,98	559,00	586,95	15,00	140	0,34	160 PSI	PVC	1,00	1,00	1,195	6,25	4 934,59	22,61	0,67	

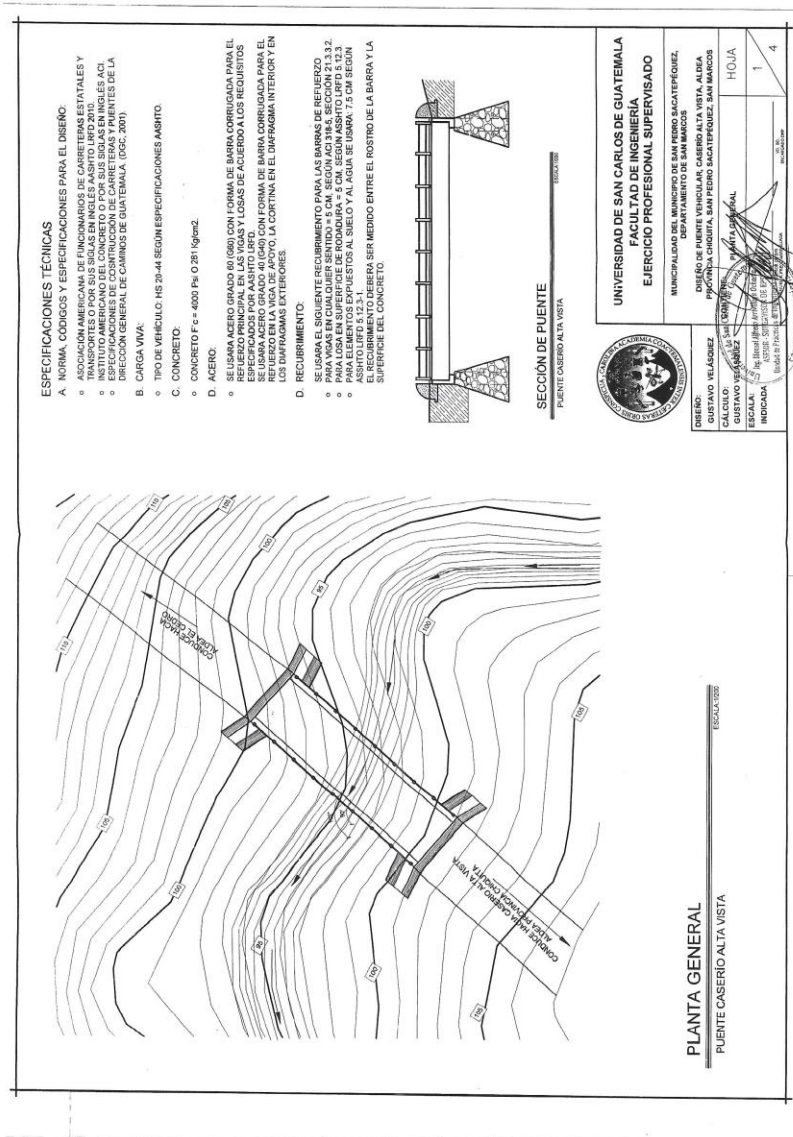
Continuación del apéndice 3.

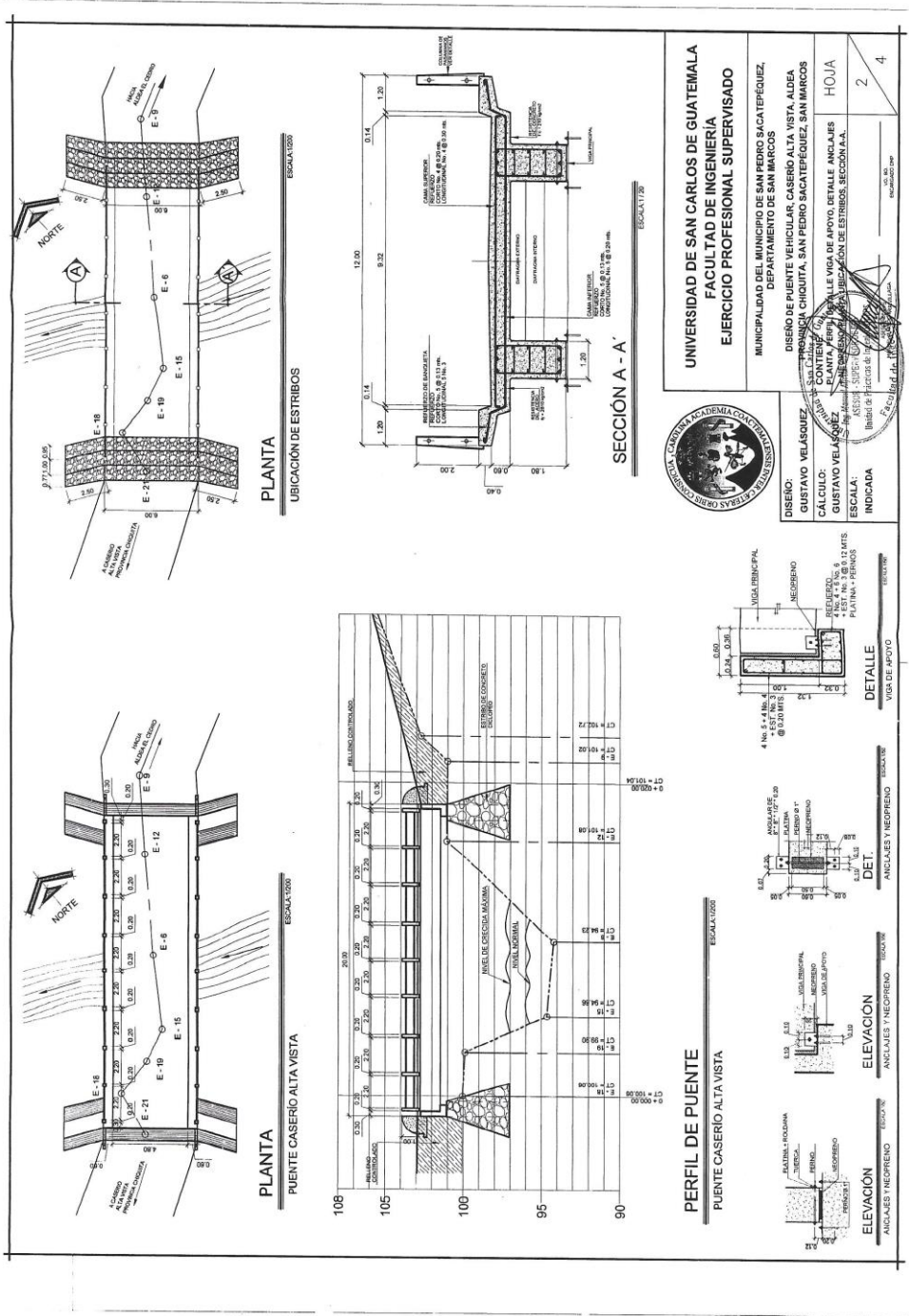
CALCULO HIDRAULICO LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

EST	P.O.	Cota Inicial	Cota Final	D.H. (m)	Long. real (m)	Caudal de uso simultaneo	Caudal unitario	Número viviendas conector	Coefficiente de rugosidad	Caudal diseño (L/s)	Presión de tubería	Tipo de tubería	Diametro teorico (pulg)	Diametro Nominal (pulg)	Diametro Interior (pulg)	Ht (m)	COTA Piezométrica	Presión dinamica disponible	Velocidad (m/s)	
RAMAL 1																				
112	120	4 855,14	4 796,32	122,65	128,78	0,26	0,045	2	140	0,26	160 PSI	PVC	0,50	0,75	0,75	8,08	4 847,06	50,74	0,91	
110	112	4 875,96	4 855,14	145,47	152,74	0,26	0,045	2	140	0,26	160 PSI	PVC	0,83	1,00	1,195	3,57	4 872,39	17,25	0,51	
110	116	4 875,96	4 839,27	121,15	127,21	0,40	0,090	4	140	0,40	160 PSI	PVC	0,65	0,75	0,75	17,70	4 868,26	18,99	1,40	
106	110	4 894,29	4 875,96	224,50	235,73	0,34	0,068	3	140	0,34	160 PSI	PVC	1,31	1,50	1,754	3,85	4 890,44	14,48	0,30	
106	107	4 894,29	4 868,03	63,13	66,29	0,40	0,090	4	140	0,40	160 PSI	PVC	0,60	0,75	0,75	9,22	4 885,07	17,04	1,40	
T.D.	106	4 911,98	4 894,29	230,42	241,94	1,66	0,40	0	140	1,66	160 PSI	PVC	1,47	1,50	1,754	7,48	4 904,50	10,21	1,45	
RAMAL 2																				
146	145	4 839,46	4 831,94	76,56	80,39	0,34	0,068	3	140	0,34	160 PSI	PVC	0,76	1,00	1,195	0,86	4 838,60	6,66	0,67	
146	151	4 831,94	4 818,86	80,35	84,37	0,34	0,068	3	140	0,34	160 PSI	PVC	0,69	0,75	0,75	8,69	4 823,25	4,39	1,19	
136	146	4 842,49	4 831,94	308,03	323,43	0,26	0,045	2	140	0,94	160 PSI	PVC	1,40	1,50	1,754	3,49	4 839,00	7,06	0,82	
136	144	4 842,49	4 824,52	110,00	115,50	0,54	0,16	7	140	0,54	160 PSI	PVC	0,82	1,00	1,195	8,08	4 834,41	9,89	1,07	
133	136	4 855,09	4 842,49	109,25	114,72	0,15	0,023	1	140	1,63	160 PSI	PVC	1,34	1,50	1,754	3,43	4 851,66	9,17	1,43	
133	132	4 855,09	4 837,59	97,54	102,42	0,20	0,023	1	140	0,20	160 PSI	PVC	0,55	0,75	0,75	3,95	4 851,14	13,55	0,70	
103	133	4 906,70	4 855,09	188,87	198,31	0,38	0,068	3	140	2,21	160 PSI	PVC	1,26	1,50	1,754	10,40	4 896,30	41,21	1,94	
121	127	4 874,40	4 866,78	74,35	78,08	0,38	0,068	3	140	0,38	160 PSI	PVC	0,79	1,00	1,195	1,02	4 873,38	6,60	0,75	
121	123	4 874,40	4 839,89	163,29	160,95	0,26	0,045	2	140	0,26	160 PSI	PVC	0,58	0,75	0,75	10,09	4 864,31	24,42	0,91	
103	121	4 906,70	4 874,40	50,57	53,10	0,64	0,26	0	140	0,64	160 PSI	PVC	0,66	0,75	0,75	17,63	4 889,07	14,67	2,25	
T.D.	103	4 911,98	4 906,70	16,18	17,00	2,85	0,64	0	140	2,85	160 PSI	PVC	1,34	1,50	1,754	1,43	4 910,55	3,85	2,50	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Planos constructivos del diseño de puente vehicular caserío Alta Vista y Sistema de abastecimiento de agua potable caserío Chichicaste, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**





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

MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ,
 DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, CASERIO ALTA VISTA, ALDEA
 GUSTAVO VELÁSQUEZ, CANTÓN CHOQUITA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

CONTIENE: UN DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, DETALLE ANCLAJES
 Y REEMPENO EN LA UBICACION DE ESTRIBOS, SECCION A-A.

CÁLCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
 ESCALA: 1:5000

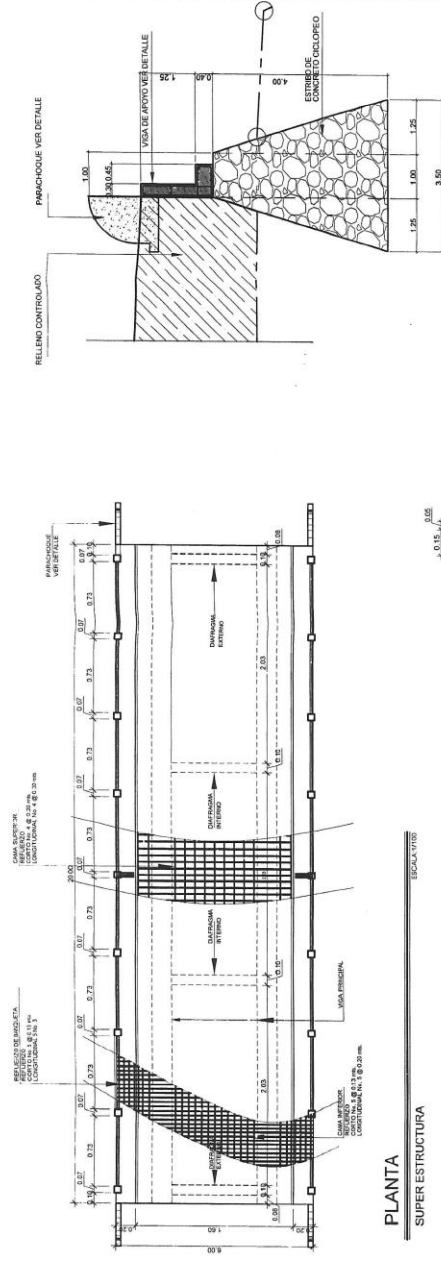
HUERA
 2
 4

DESIGN: GUSTAVO VELÁSQUEZ
 DRAWING: GUSTAVO VELÁSQUEZ

CONTE: UN DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, DETALLE ANCLAJES
 Y REEMPENO EN LA UBICACION DE ESTRIBOS, SECCION A-A.

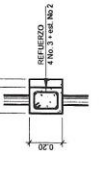
CÁLCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
 ESCALA: 1:5000

HUERA
 2
 4



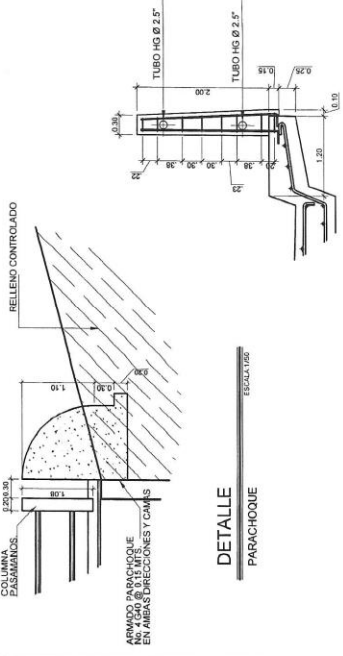
PLANTA
SUPER ESTRUCTURA

ESCALA 1/10



DETALLE
COLUMNA PASAMANOS

ESCALA 1/20

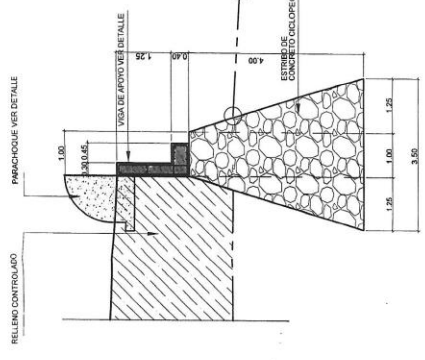


DETALLE
PARACHOQUE

ESCALA 1/10

SECCIÓN
COLUMNA PASAMANOS

ESCALA 1/10



DETALLE
ESTRIBO DE CONCRETO CICLOPEO

ESCALA 1/10



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

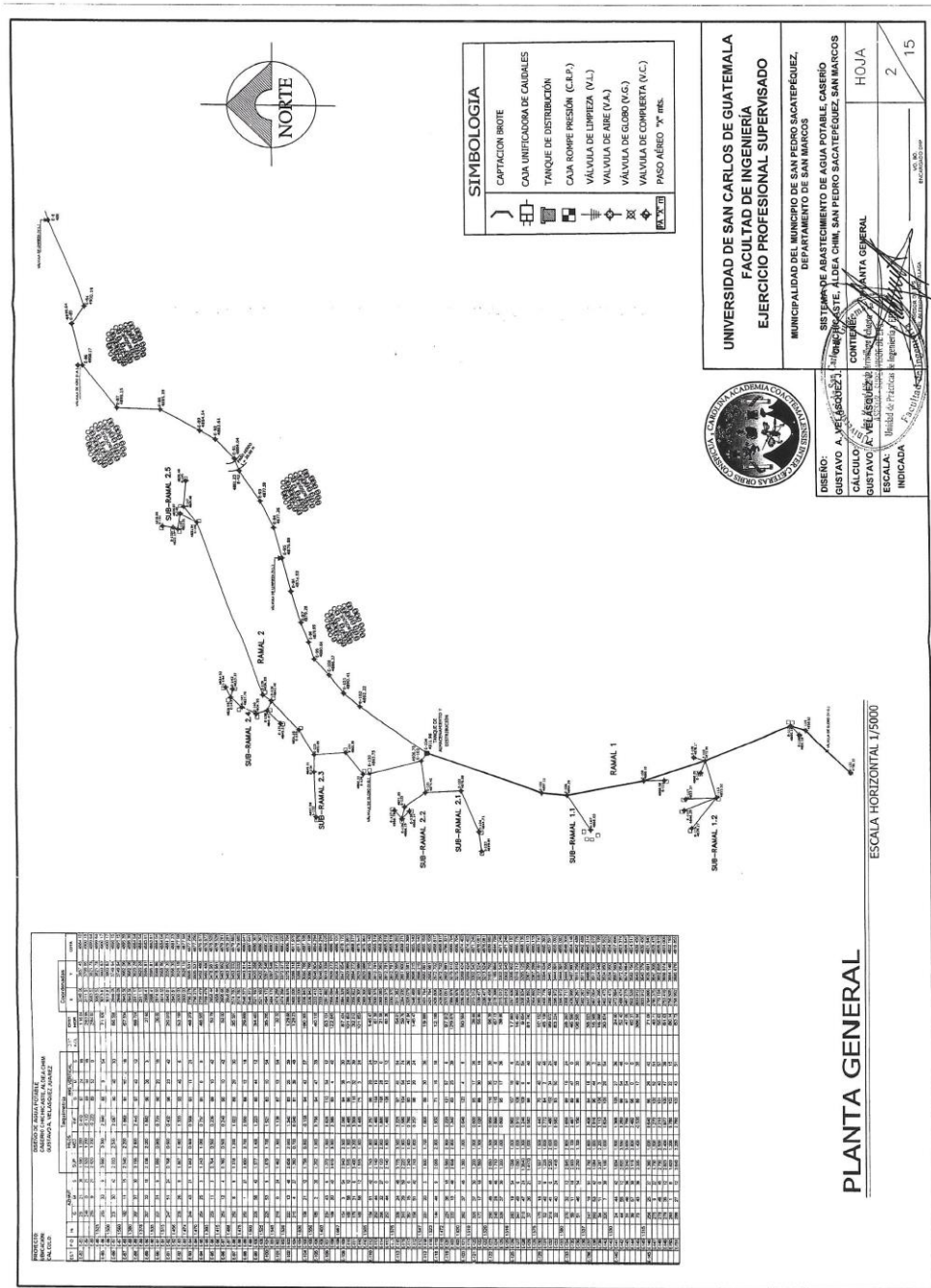
MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, CASERIO ALTA VISTA, ALDEA
SAN ANTONIO CHIGUITA, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
CALCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
ESCALA: INDICADA

CONTENER DE ESTRUCTURA, TALLE DE ESTRIBO, DETALLE
DE ESTRUCTURA, TALLE DE ESTRUCTURA, TALLE DE ESTRUCTURA

HOJA
3 4



PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CASERIO ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

ESCALA: 1/5000

NO.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

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

MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,
 DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CASERIO ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

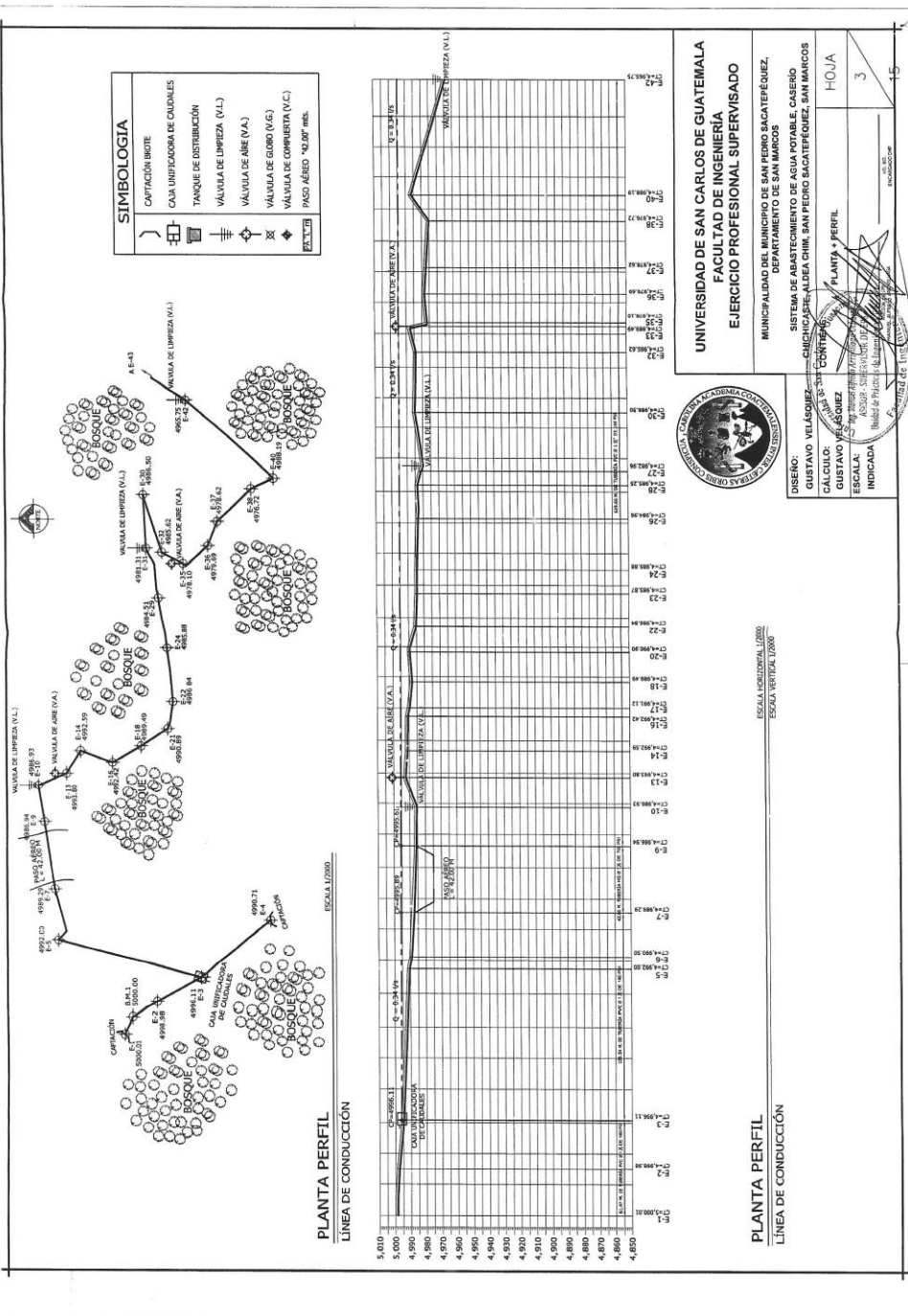
HOJA 2 DE 15

ESCALA: 1/5000

INDICADA

PLANTA GENERAL

ESCALA HORIZONTAL 1/5000



SIMBOLOGIA

CAPTACION INOTE

CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES

TANQUE DE DISTRIBUCION

VALVULA DE LIMPENZA (V.L)

VALVULA DE AIRE (V.A)

VALVULA DE GORRO (V.G)

VALVULA DE COMPRESA (V.C)

PASO AEREO "X" 20' 00" RES.

PLANTA PERFIL
LINEA DE CONDUCCION
ESCALA 1/2000

PLANTA PERFIL
LINEA DE CONDUCCION
ESCALA HORIZONTAL 1/2000
ESCALA VERTICAL 1/2000

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

MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PIERRO SACATEPEQUEZ,
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERIO
CHICHOCASCHEN, ALDEA CHIM, SAN PIERRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

INSTITUTO VECINARIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: PLANTA PERFIL

HOJA 3

15

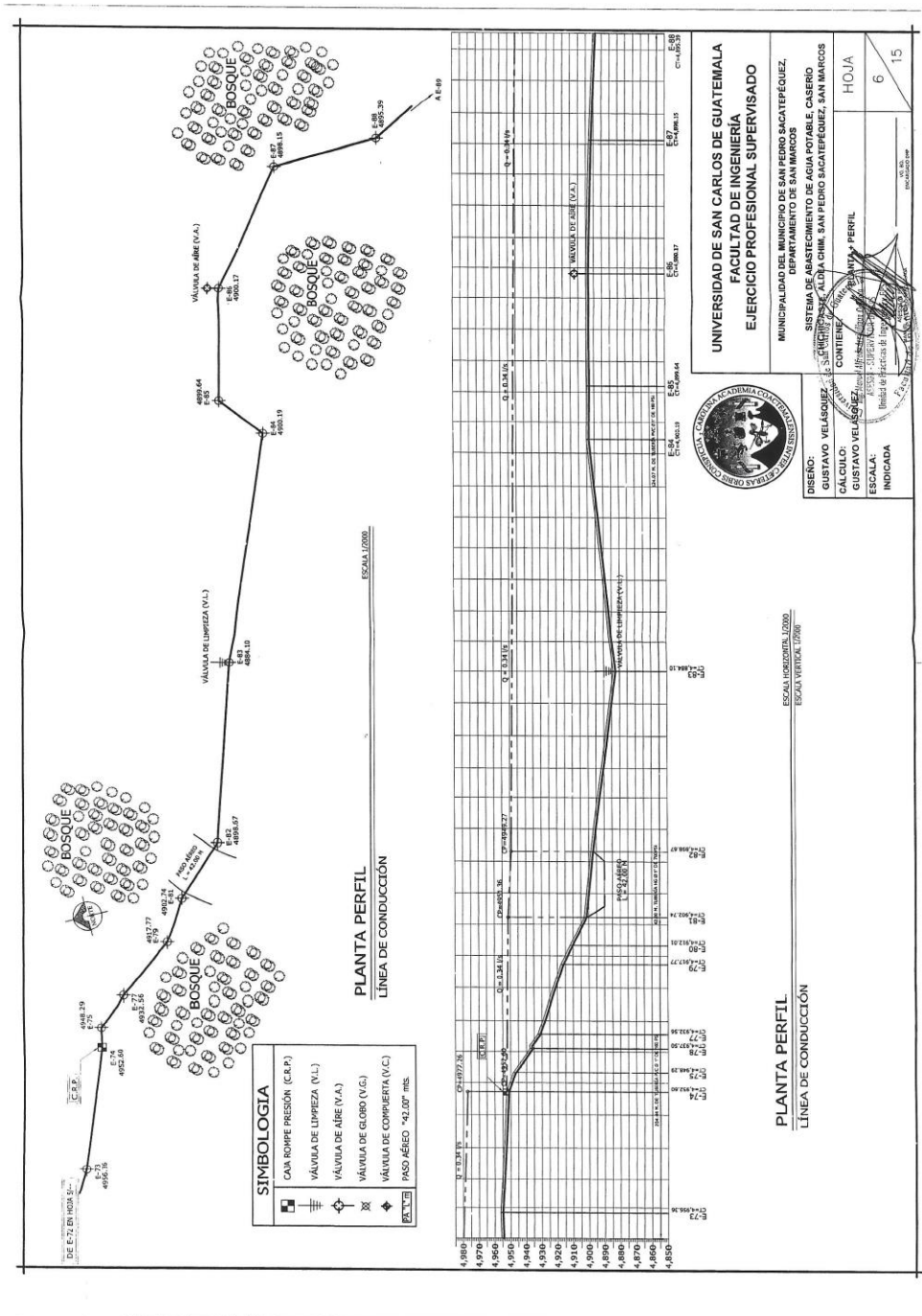


DISEÑO: GUSTAVO VELAZQUEZ

CALCULO: GUSTAVO VELAZQUEZ

GUSTAVO VELAZQUEZ

ESCALA: INDICADA



SIMBOLOGIA

- ☐ CAJA ROMPE PRESIÓN (C.R.P.)
- ≡ VÁLVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
- ⊕ VÁLVULA DE AIRE (V.A.)
- ⊗ VÁLVULA DE GLOBO (V.G.)
- ◆ VÁLVULA DE COMPUERTA (V.C.)
- PAV. PASO ÁBICO "41.00" MTS.

PLANTA PERFIL
LÍNEA DE CONDUCCIÓN

PLANTA PERFIL
LÍNEA DE CONDUCCIÓN



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

MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,
 DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERIO
 ALTA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

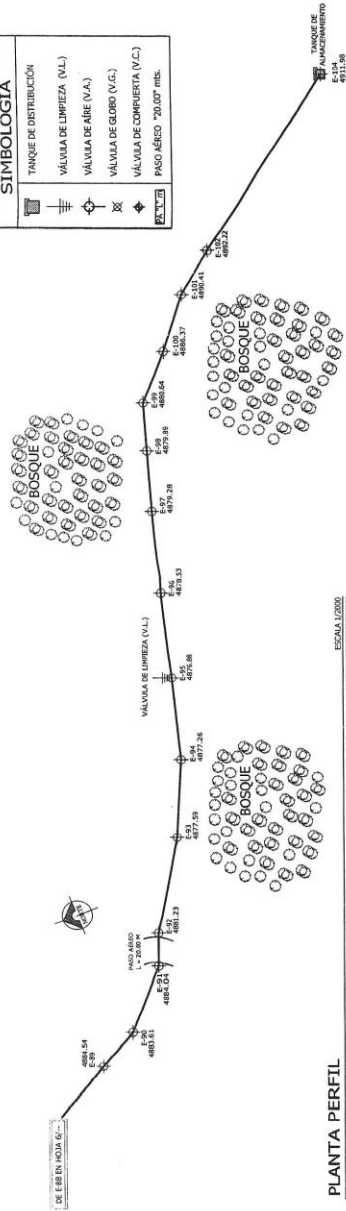
DISEÑO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
CALCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
ESCALA: INDICADA

CONTIENE: PLANTA Y PERFIL

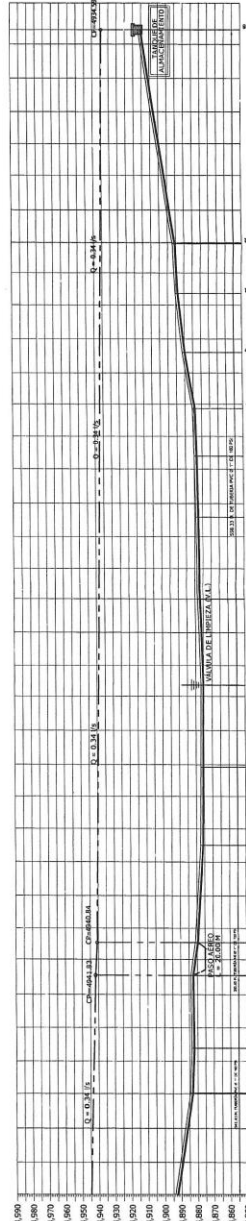
HOJA: 6
DE: 15

SIMBOLOGIA

	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	VÁLVULA DE EMPUJA (V.L.)
	VÁLVULA DE ABRE (V.A.)
	VÁLVULA DE GORRO (V.G.)
	VÁLVULA DE CERRIERTA (V.C.)
	PASO ABIEO 700.00' INCL.



PLANTA PERFIL
LÍNEA DE CONDUCCIÓN



PLANTA PERFIL
LÍNEA DE CONDUCCIÓN



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

MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERIO
DOMINICASTE, ALDEA CHIM, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: GUSTAVO VELÁSQUEZ

CÁLCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ

ESCALA: ESCALA HORIZONTAL 1:2000

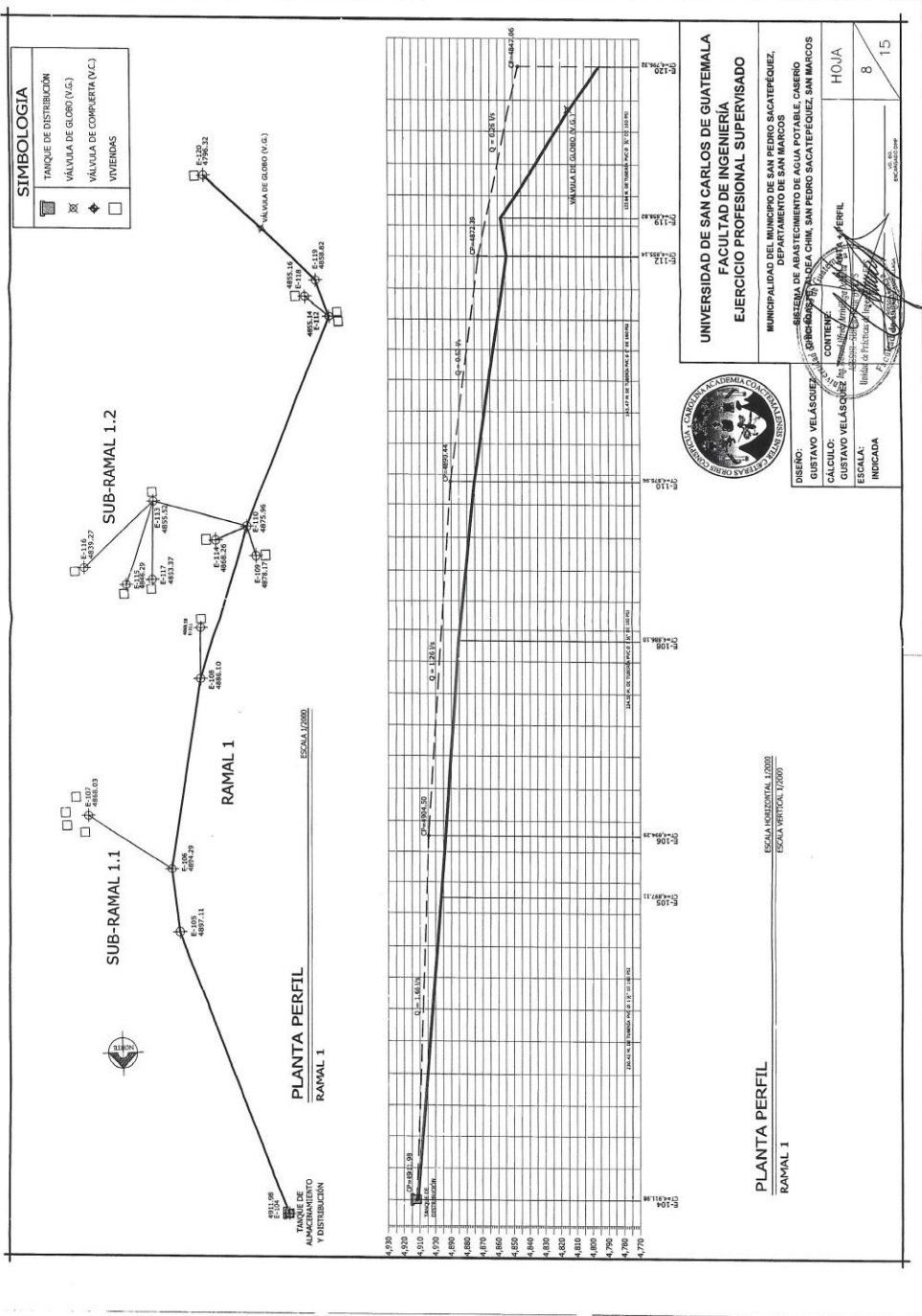
ESCALA VERTICAL 1:2000

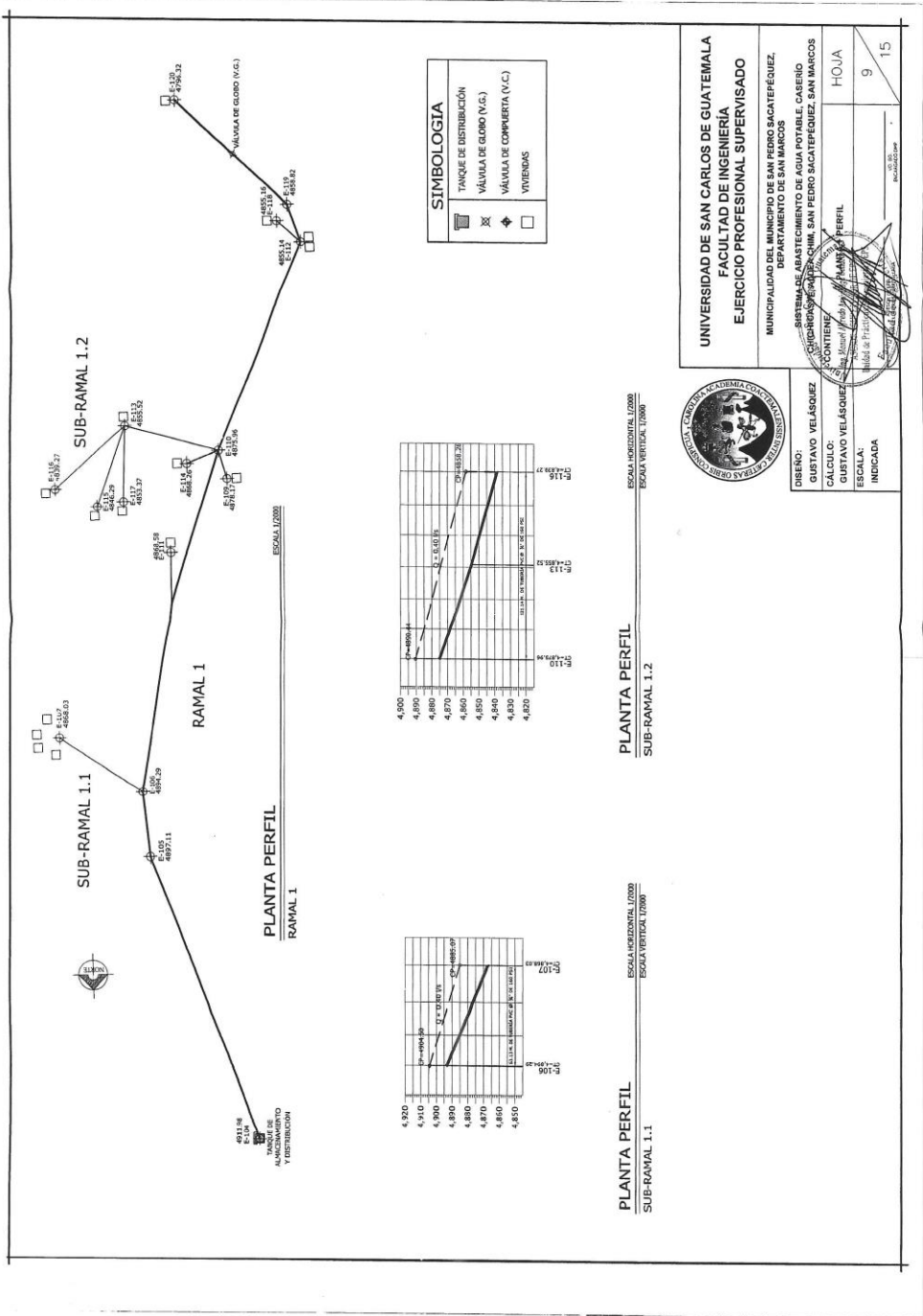
INDICADA: PLANTA Y PERFIL

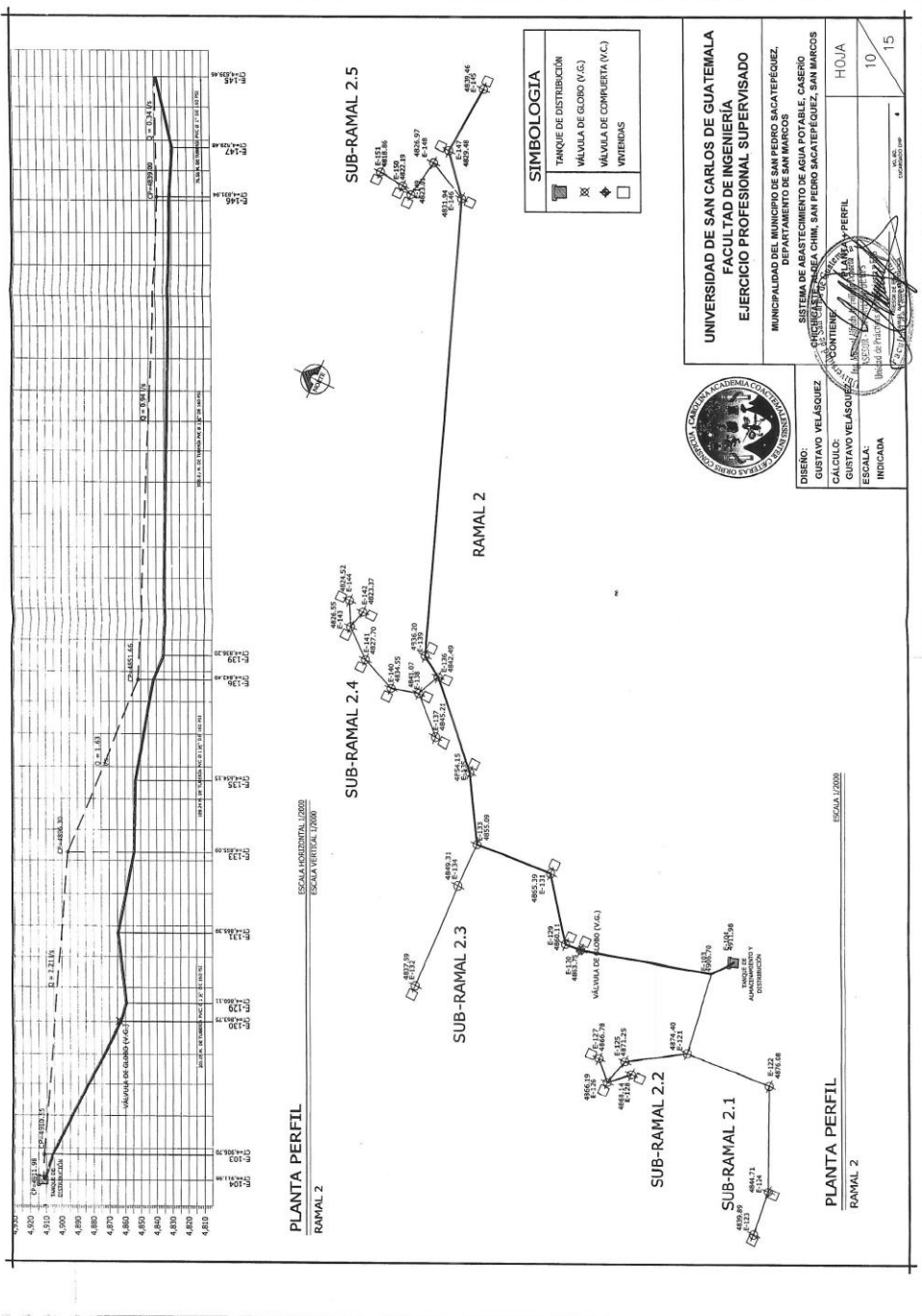
HOJA 7

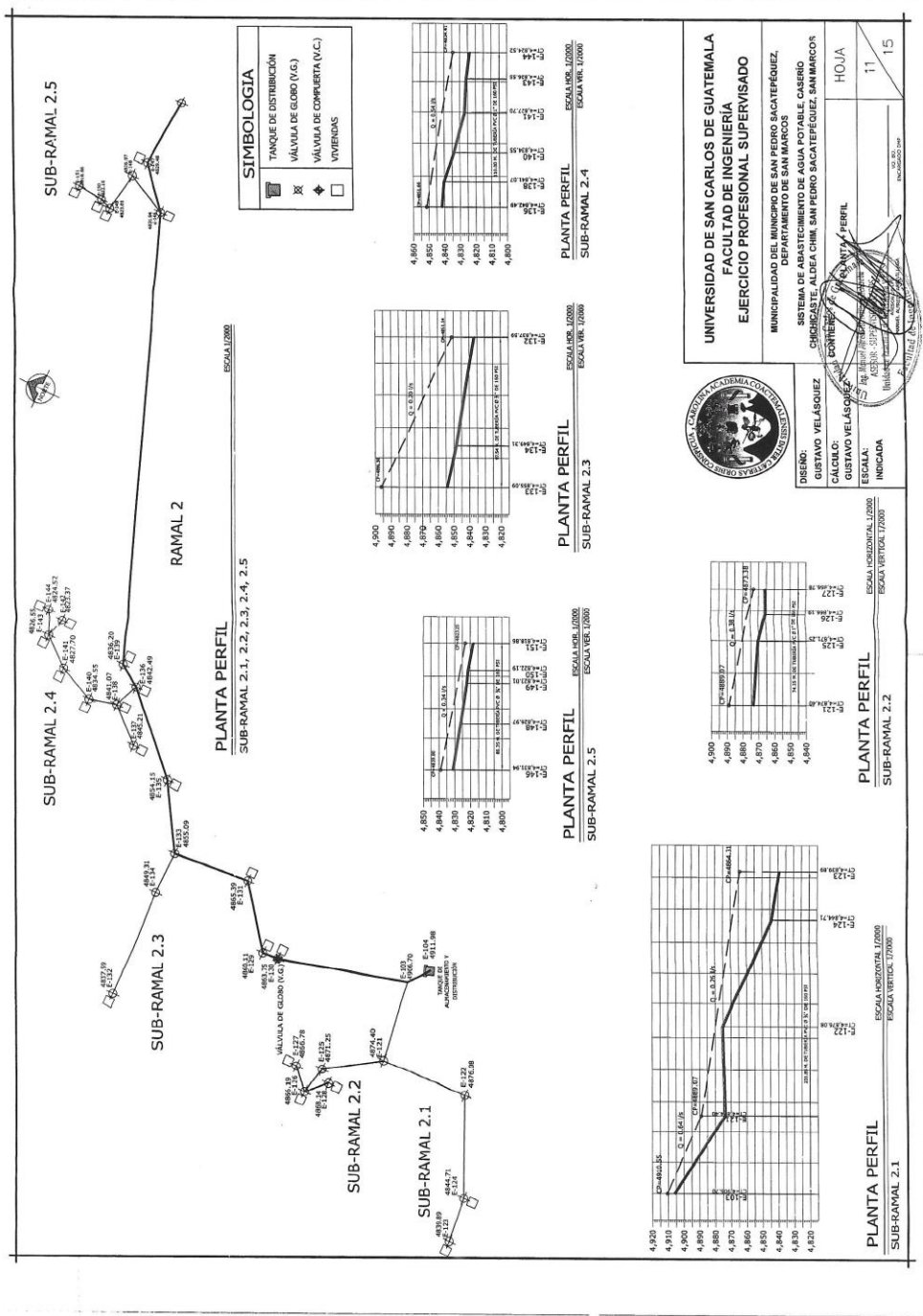
15

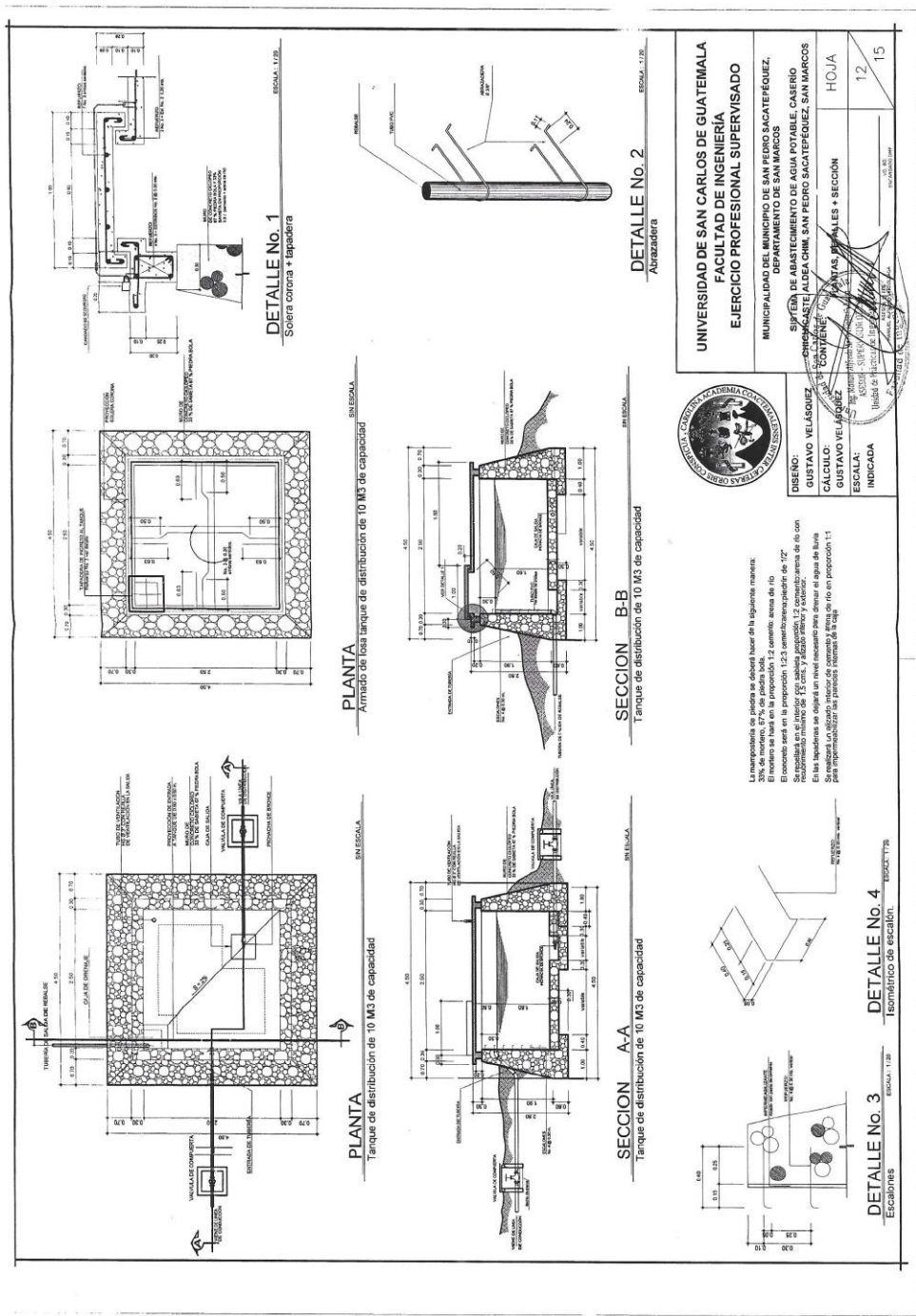












DETALLE No. 1
Sotera corona + tapadera

DETALLE No. 2
Abrazadera

PLANTA
Armado de losa tanque de distribución de 10 M3 de capacidad

SECCION B-B
Tanque de distribución de 10 M3 de capacidad

PLANTA
Tanque de distribución de 10 M3 de capacidad

SECCION A-A
Tanque de distribución de 10 M3 de capacidad

DETALLE No. 3
Escarpines

DETALLE No. 4
Escarpines



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

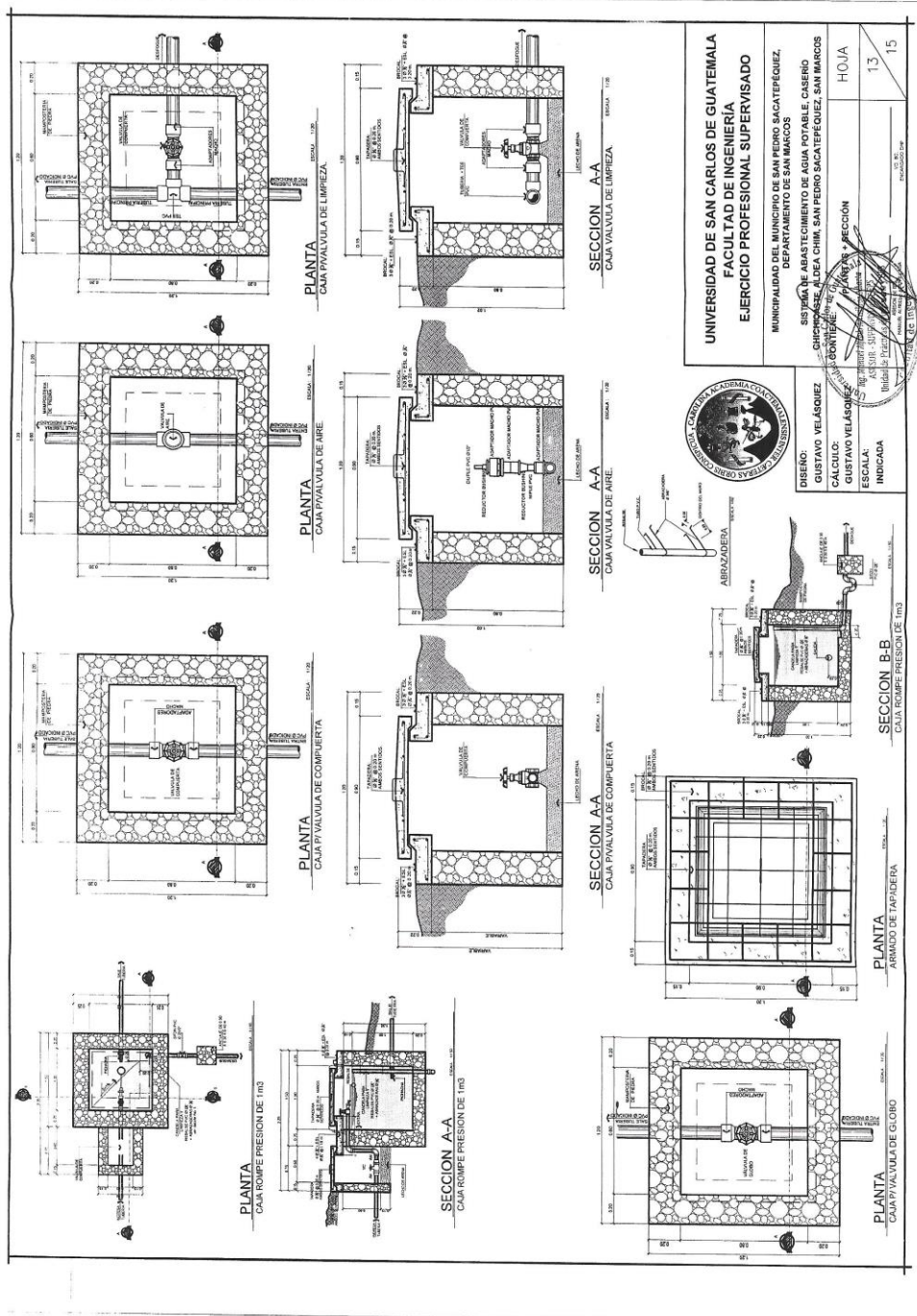
DISEÑO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
CALCULO: GUSTAVO VELÁSQUEZ
INDICADA: GUSTAVO VELÁSQUEZ

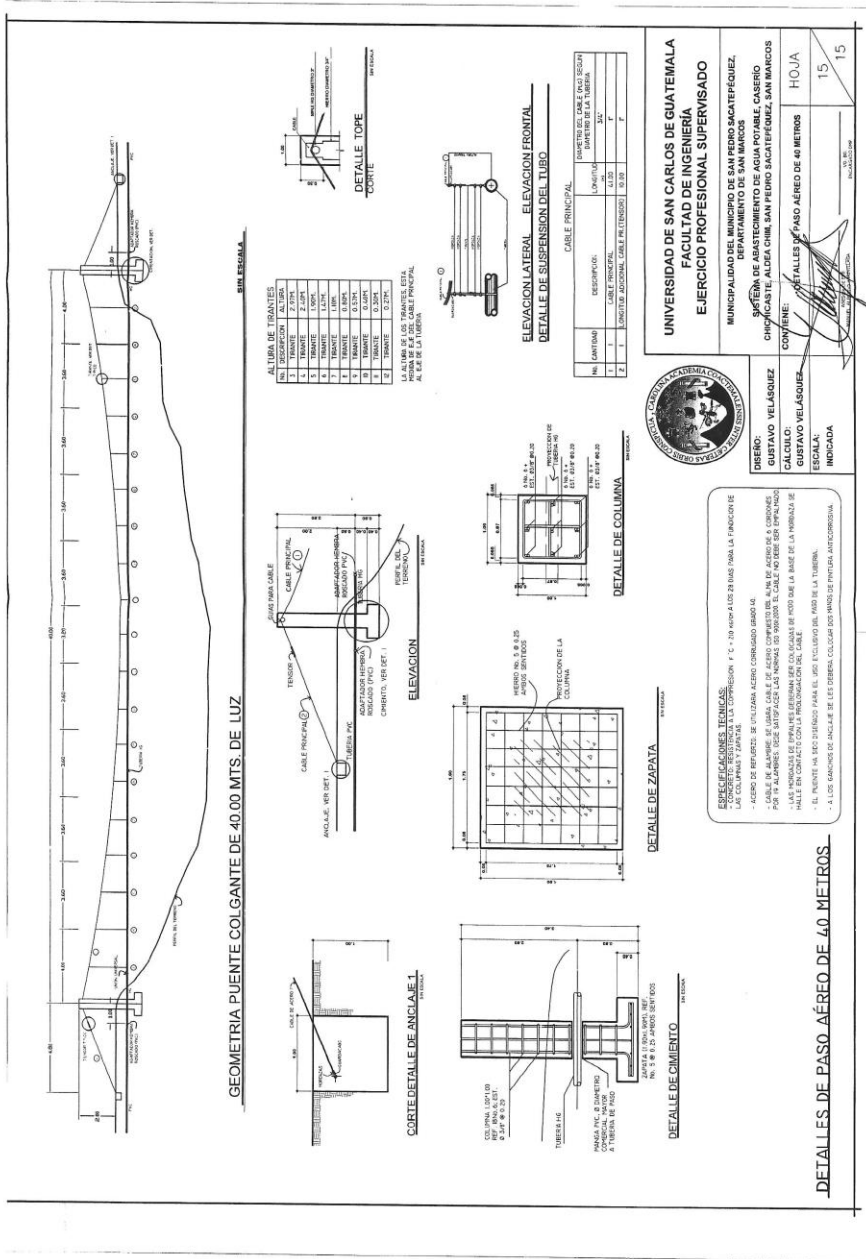


La magnitud de piedra se deberá basar de la siguiente relación:
30% de mortero, 67% de piedras sólidas.
El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento arena de río.
Se pedalea en el fondo por ambas posiciones 1:2 cemento arena de río con
razón mínima de 15 cms. y hasta interior y exterior.
Las tapaderas se fijarán en un nivel mínimo anterior al agua de lluvia.
Se pedalea en el fondo por ambas posiciones 1:2 cemento arena de río en proporción 1:1
para impermeabilizar las partes interiores de la losa.

DETALLE No. 3
Escarpines

DETALLE No. 4
Escarpines



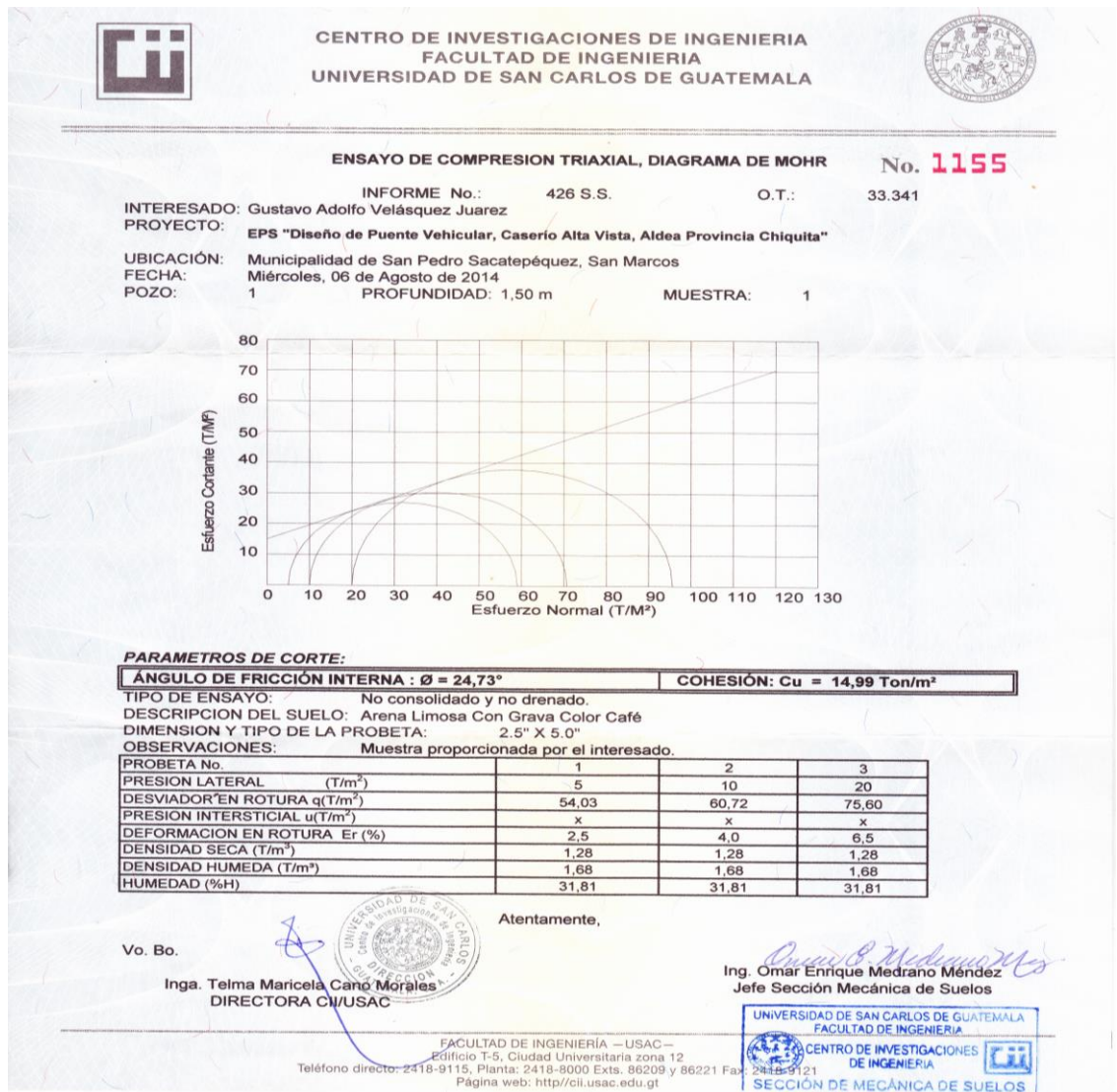


(Las escalas indicadas en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos no corresponden a la escala indicada, pues se han tenido que reducir para poder incorporarlos en el presente trabajo).

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD® 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Estudio de suelo (valor soporte), del proyecto diseño de puente vehicular caserío chichicaste, aldea Chim



Continuación del anexo 1.

- Cálculo de la capacidad soporte del suelo

Datos:

Cohesión (C_u) = 9,99 ton / m²

Ángulo de fricción interna (ϕ) = 16,48°

Densidad seca = 1,28 ton/m³

Descripción del suelo = Arena limosa con grava color café

- Ecuación del Dr. Karl Terzaghi: para determinar el valor soporte.

$$q_u = 1,3 C' N'c + \gamma z N'q + 0,4 \gamma B N'w$$

Donde:

q_u = capacidad de carga límite (ton/m²)

C' = cohesión del suelo (ton/m²)

γ = peso específico del suelo (ton/m³)

Z = profundidad del desplante (m)

B = ancho de zapata (m)

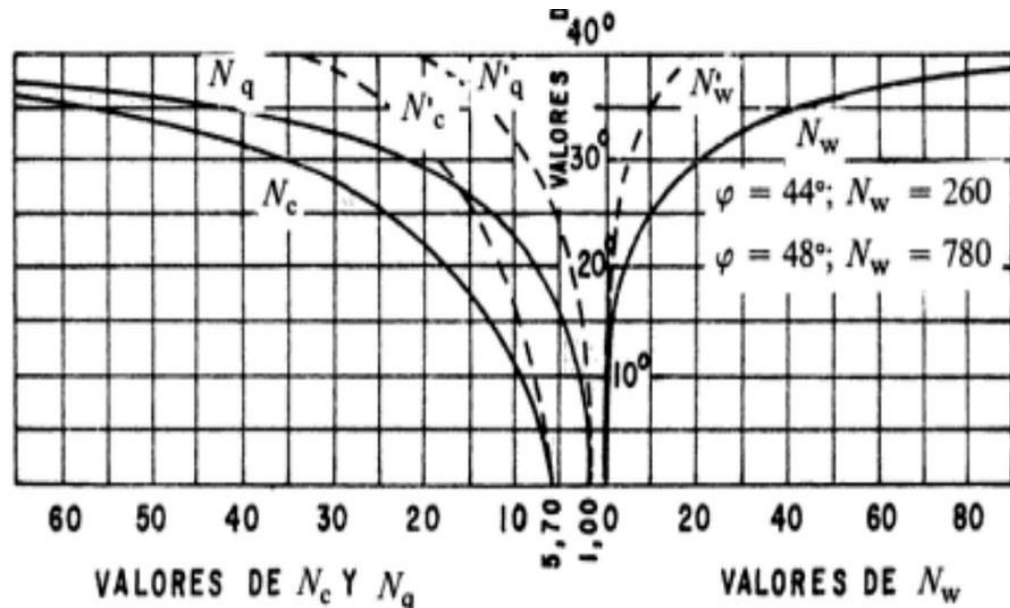
$N'c$ = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$N'q$ = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$N'w$ = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Continuación del anexo 1.

Factores para capacidad de carga para aplicaciones de la teoría de Terzaghi.



Fuente: CRESPO VILLALAZ, *Mecánica de suelo y cimentaciones*.

Basándose en la gráfica de curvas de trazo continuo, se hallan los valores de \$N'_c\$, \$N'_q\$, y \$N'_w\$.

$$N'_c = 10$$

$$N'_q = 2,5$$

$$N'_w = 1$$

$$q_u = 1,3 * 9,99 * 10 + 1,28 * 1,50 * 2,5 + 0,4 * 1,28 * 1 * 1$$

$$q_u = 129,87 + 4,8 + 0,512$$

$$q_u = 135,182$$

Continuación del anexo 1.

El valor soporte del suelo, queda determinado por medio de la expresión matemática fórmula de Terzaghi.

$$V_s = \frac{q_u}{F_s}$$

Donde:

V_s = valor soporte

q_u = coeficiente de esfuerzo límite

F_s = factor de seguridad = 3 a 5

$$V_s = \frac{135,182}{4}$$

$$V_s = 33,80 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_s = 34,00 \text{ Ton/m}^2$$

Fuente: Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería USAC.

Anexo 2. **Resultados de análisis de la calidad del agua para el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Chichicaste**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

O.T. No. 33 342 INE. No. 25 741

INTERESADO: GUSTAVO ADOLFO VELÁSQUEZ JUÁREZ, (CARNÉ No. 200113438)	PROYECTO: EPS: "DISEÑO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERIO CHICHICASTE, ALDEA CHIM"
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Caserío Chichicaste Aldea Chim</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2014-07-15; 15 h 00 min.</u>
FUENTE: <u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2014-07-16; 09 h 58 min.</u>
MUNICIPIO: <u>San Pedro Sacatepéquez</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>San Marcos</u>	

RESULTADOS

1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: <u>-- °C</u> <small>(En el momento de recolección)</small>	
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>146,90 μmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>02,06 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,62 unidades</u>		

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,06	6. CLORUROS (Cl ⁻)	10,50	11. SOLIDOS TOTALES	110,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,000	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,01	12. SOLIDOS VOLÁTILES	14,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	13,10	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	00,00	13. SOLIDOS FIJOS	96,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,01	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	06,00
5. MANGANESO (Mn)	00,010	10. DUREZA TOTAL	84,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	78,00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	74,00	74,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad Física y Química el agua CUMPLE con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21st EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 20001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2014-07-28

Vo.Bo.



**Inga Telma Maricela Cano Morales,
DIRECTORA CII/USAC**



**Ing. Quirildo Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
"DRA. ALBA TABARINI MOLINA"
USAC
GUATEMALA**

FACULTAD DE INGENIERÍA — USAC —
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 2.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO		No. 2108 INF. No. A - 358256	
O.T. No. 33 342 INTERESADO: <u>GUSTAVO ADOLFO VELÁSQUEZ JUÁREZ</u> CARNÉ No. 200113438 MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u> LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Caserío Chichicaste Aldea Chim</u> FUENTE: <u>Nacimiento</u> MUNICIPIO: <u>San Pedro Sacatepéquez</u> DEPARTAMENTO: <u>San Marcos</u>	PROYECTO: <u>EPS "DISEÑO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO CHICHICASTE, ALDEA CHIM"</u> DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA /USAC</u> FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2014-07-15: 15 h00 min.</u> FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2014-07-16: 09 h58 min.</u> CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
SABOR: <u>-----</u> ASPECTO: <u>Clara</u> OLOR: <u>Inodora</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u> CLORO RESIDUAL: _____		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,01 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		<2	<2
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.			
Guatemala, 2014-07-28 Vo.Bo.  Inga Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Zelson Mach Santos Ing. Químico Col. No. 420 MSC en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC -
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería USAC.